

Tielaitos

Päivi Vanhatalo

Tielaitos

TIEL/20

N VUONNA 1993 RAKENNETTAVIIN

T EMULSIOSORAKOETEIHIN LIIT

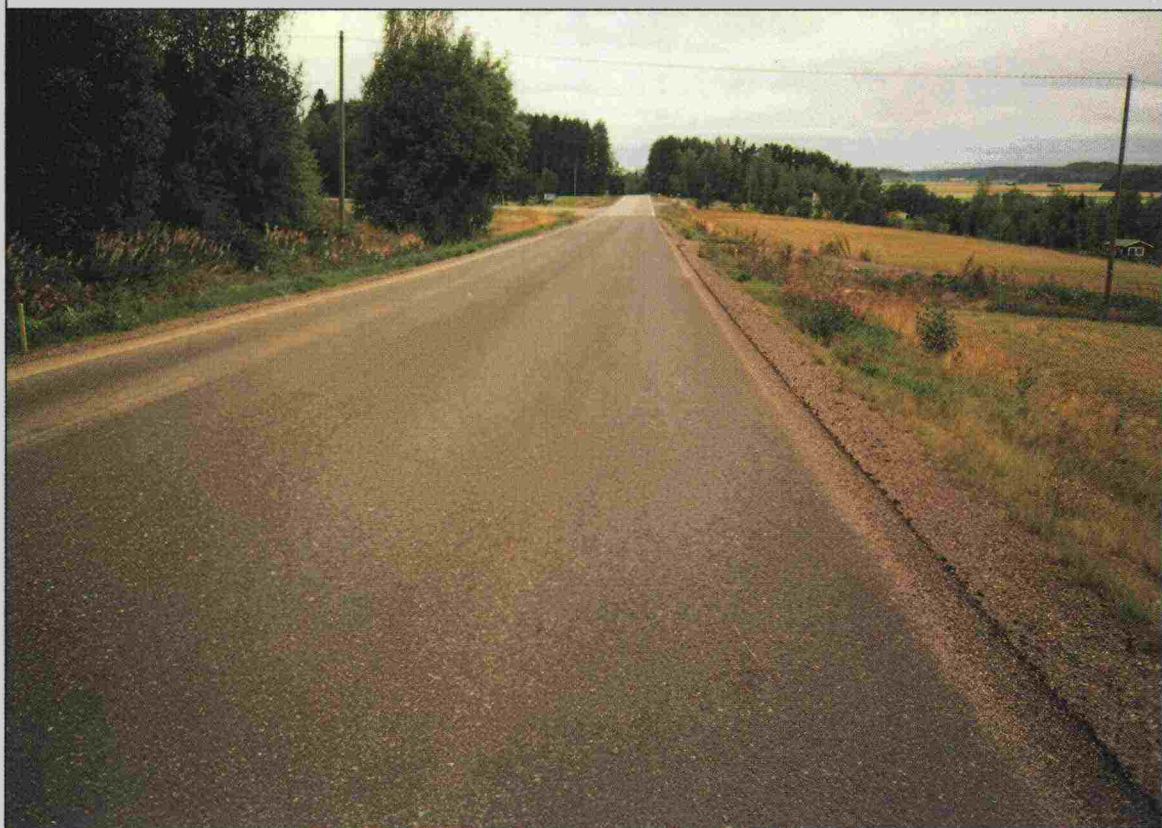
29.03.1994 KK 21

Asian tun:1035/93/20/TIEL

Ark=KK Säil=20 Tärk=

Liite 1/2

Etelä-Suomen emulsiokoetiet 1993



**Tielaitoksen
selvityksiä**

78/1993

Helsinki 1993

Kehittämiskeskus

**Tielaitoksen selvityksiä
78/1993**

Päivi Vanhatalo

Etelä-Suomen emulsiokoetiet 1993

**Tielaitos
Kehittämiskeskus**

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-8137-6
TIEL 3200202
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1994

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotemyynti
Telefax (90) 1487 2652

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Aiheluokka: 42

Asiasanat: pehmeät päällysteet, emulsiosora, pehmeä asfalttibetoni, bitumiemulsio, koetiet

Tiivistelmä

Vähäliikenteisten teiden päällysteenä Suomessa on perinteisesti käytetty öljysoraa. Ympäristöarvojen korostuessa öljysorasta syntyvät hiilivetypäästöt on kuitenkin koettu haitaksi, ja on nähty tarpeelliseksi uuden ympäristöystävällisemmän päällysteen kehittäminen.

Kesällä 1992 alkaneita emulsiopäällystekokeiluja jatkettiin kesän 1993 aikana. Päällystysohjelma Etelä-Suomen osalta koski Turun, Uudenmaan ja Hämeen tiepiireihin tehtäviä koetieosuuksia.

Päällystystyöhön liittyi suuri määrä laboratoriokokeita. Tutkimuksessa korostettiin erilaisten materiaaliominaisuuksien selvittämistä. Tähän liittyen kiviaineksen ja sideaineen ominaisuudet tutkittiin tarkasti. Ennakkotutkimuksiin kuului myös kiven tartuntaominaisuuksien ja massan optimisideainepitoisuuden selvittäminen. Kenttälaboratoriossa jatkettiin massan ominaisuuksien seuraamista.

Etelä-Suomen koetiekohteissa oli käytössä emulsiosora-asemalle sijoitettu emulgointilaitos, jossa bitumiemulsio valmistettiin. Näin asemalla pystyttiin muuttamaan sideaineen ominaisuuksia haluttuun suuntaan. Emulsiosorien sideaineena käytettiin BE-ES 1000...3000. Jäykempien emulsiopäällysteiden sideaineena käytettiin BE-PAB 6000:ta sekä viskositeetiltaan erilaisten sideaineiden yhdistelmiä.

Paremmen peittoasteen ja tasalaatuisemman massan saavuttamiseksi kiviaines jaettiin kahteen lajitteeseen. Karkea kiviaines oli raaka-aineesta riippuen 6-16 mm tai 8-16 mm. Hieno kiviaines sisälsi näitä pienemmät raekoot. Karkean kiviaineksen joukkoon sekoitettiin $\frac{1}{4}$ sideaineesta ja hienon kiviaineksen joukkoon $\frac{3}{4}$ sideaineesta.

Turun piirissä koetiet rakennettiin Salon ja Someron tiemestaripiirien alueille. Salossa emulsiopäällysteitä rakennettiin kuudessa eri kohteessa ja Somerossa neljässä kohteessa. Uudellamaalla Nummen tiemestaripiirissä kesällä 1993 valmistui yksi kohde. Hämeen piirin kohde rakennettiin Oriveden tiemestaripiiriin. Kaikkiaan kesän aikana emulsiopäällysteitä tehtiin Etelä-Suomessa 79 km.

Finnra classification: 42

Key words: low volume roads, bitumen emulsion, pavement, soft asphalt, test roads

Abstract

On low volume roads oil gravel has been most used pavement material in Finland. The binder in oil gravel contains volatilizing hydrocarbons. While environmental values have become increasingly important, there has risen a need for a new soft asphalt mixture with no solvents.

Earlier, in 1992, almost 50 km of emulsified asphalt test roads were built in different parts of Finland. This test programme continued during the summer of 1993, when new test roads were built in Turku, Uusimaa and Häme districts.

The programme included a large variety of laboratory tests. The main purpose on these tests was to find out those material properties that might have an influence on the pavement behaviour. Aggregate and especially aggregate and binder adhesion properties were studied closely.

The mixtures in the Southern Finland emulsified asphalt test roads were made with a oil gravel plant to which an emulsifying equipment for emulsification of the binder was connected. Compared with earlier tests this combination gave possibilities to react with the binder to any changes needed.

With soft mixtures there was used an emulsified binder that had a viscosity of 1000...3000 mm²/s (in 60 °C). These type of binders seemed to give the emulsified mixture the same kind of properties as oil gravel has: It can be used as stockpile mixes and the pavement can be scarified of the surface throughout its life. Also harder emulsified binders were used, but their properties were not similar with oil gravel.

The binder was mixed in cold (about 20 °C) aggregate. The aggregate was divided into two fractions. In most of the mixtures $\frac{2}{3}$ of the binder was mixed with the aggregate that had the grain size < 6 mm and $\frac{1}{3}$ of the binder with the aggregate that had the grain size 6-16 mm.

In Southern Finland altogether 79 km of emulsified asphalt test roads were successfully built during the summer of 1993. The upcoming years will show how they behave with traffic and different seasons.

Sisältö

1. JOHDANTO	7
2. MATERIAALIT	8
2.1 Kiviaines	8
- Tupuri	8
- Lukkarinmäki	9
- Rähi	9
- Ristivuori	9
2.2 Sideaine	10
2.3 Lisäaineet	10
3. LABORATORIOTUTKIMUKSET	11
3.1 Kiviainestutkimukset	11
3.2 Sideainetutkimukset	12
3.3 Massatutkimukset	13
- Suhteitus	13
- Stabiliateettitutkimukset	15
- Vedenkestävyys	16
3.4 Tutkimukset kenttälaboratoriossa	18
4. TYÖMENETELMÄT	20
4.1 Koneasema	20
4.2 Muut laitteet ja miesvahvuudet	21
4.3 Kokeilun kustannustarkastelu	21
5. TURUN PIIRIN EMULSIOKOETIET	23
5.1 Salon tiemestaripiirin koetiet	23
- Mt 1835 Kumpula - Kemiö	23
- Mt 2343 Paimio kk - Vaskio	26
- Mt 2402 Kaukelma - Pajari	26
- Mt 2407 Veitakkala - Koski	27
- Pt 12209 Salainen	28
- Mt 2351 Halikko - Paimio	29

5.2 Someron tiemestaripiirin koetiet	32
- Pt 13539 Lahden paikallistie	32
- Mt 2403 Pertteli - Lautela	33
- Mt 241 Kitula - Seppälä	34
- Mt 280 Koisjärvi - Häiviä	35
- Pt 13538 Somerniemi - Salkola	36
 6. UUDENMAAN JA HÄMEEN PIIRIEN EMULSIOKOETIET	 38

6.1 Mt 1282 Marttila - Ikkala	38
 7. HÄMEEN PIIRIN EMULSIOKOETIE	 41

7.1 Mt 328 Vinkä - Hirtolahti	41
 8. YHTEENVETO	 44

LIITTEET	47
----------	----

1. JOHDANTO

Kesän 1992 emulsiopäällystekokeilun tulosten rohkaisemana emulsiopäällystystekniikan kehittämistä ja kokeilua päätettiin jatkaa myös kesällä 1993. Etelä-Suomessa koetiet olivat Turun, Uudenmaan ja Hämeen piirien alueilla. Emulsiokoeteiden yhteispituus oli 79 km ja valmistettujen emulsiomassojen kokonaismäärä oli 47 900 t.

Kesän 1993 tutkimusten tavoitteeksi asetettiin kylmätekniikalla tehtävän öljysoran kaltaisen, mutta ympäristöystävällisen päällysteen valmistaminen.

Etelä-Suomen koetiekohteissa emulsiosora-asemalla käytettiin jatkuvatoimista sekoitusasemaa, johon oli liitetty tätä kokeilua varten hankittu ScanRoadin emulgointilaitteisto. Emulgoimalla bitumi massan valmistuksen yhteydessä vältyttiin ylimääräiseltä veden kuljettamiselta ja saatiin nopeasti valmistettua haluttua bitumiemulsiota.

Kiviaines jaettiin kahteen lajitteeseen. Sideaineesta $\frac{1}{3}$ sekoitettiin karkean kiviaineksen joukkoon ja $\frac{2}{3}$ hienon kiviaineksen joukkoon. Kiviaineksen jakamisella tavoiteltiin rakeiden tasaisempaa peittymistä ilman lämmitystä.

Bitumiemulsiosorissa käytettiin sideaineena BE-ES 1000...3000. Jäykempien emulsiopäällysteiden sideaineita olivat BE-PAB 6000 ja erilaiset yhdistelmäemulsiot. Näitä olivat $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 + $\frac{2}{3}$ BE-ES 1500, $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 + $\frac{2}{3}$ BE-ES 3000 ja $\frac{2}{3}$ BE-PAB 6000 + $\frac{1}{3}$ BE-ES 3000, jotka ovat kovuudeltaan BE-ES 3000 ja BE-PAB 6000 välissä.

Ennen päällystystyön aloittamista TKK:n tielaboratorio tutki kunkin koetiekiviaineksen vedenkestävyysominaisuudet. Kullekin kiviainekselle määritettiin myös ohjesideainepitoisuus tilavuussuhteisiin perustuvalla suhteitusmenetelmällä. Lisäksi tutkittiin erilaisten massojen stabiliteetin kehittymistä.

Koetiet toteutettiin Tielaitoksen Kehittämiskeskuksen, Turun, Uudenmaan ja Hämeen tiepiirien, Neste Oy:n, Lemminkäinen Oy:n ja Teknillisen korkeakoulun tielaboratorion yhteisprojektina. Kohteissa Lemminkäinen Oy toimi urakoitsijana ja Neste Oy toimitti bitumipohjat ja emulsioreseptit.

Tielaitosta projektissa edustivat Harry Karlsson Turun piiristä, Runo K. Uusitalo Hämeen piiristä, Tapio Tölli Uudenmaan piiristä ja Kalevi Toikkanen Kehittämiskeskukselta. Neste Oy:n edustajana toimi Kari Hurtig. Lemminkäinen Oy:n toiminnasta vastasivat Pekka Haikarainen ja koneasemapäällikkönä Matti Nevalainen. Teknillisen korkeakoulun tielaboratorion tutkimuksesta vastasi Laura Apilo.

Tämän raportin tarkoituksena on esitellä koetiekohteet ja niihin liittyvät laboratoriotutkimustulokset. Kokeilun tulosten arviointiin keskitytään L. Apilon yhteenvetoraportissa Emulsiopäällystekokeilut 1992-93, joka on ilmestynyt sarjassa Tielaitoksen selvityksiä 79/1993.

2. MATERIAALIT

2.1 Kiviaines

2.1.2 Tupuri

Tupurin koneasemalla Salossa käytettiin Tupurin soramursketta ja kalliomursketta. Soramurskeessa on 24,5% pienirakeista kiillegneissia (+vulkaniittia), 60,6% graniittia ja granodioriittia sekä 14,5% hiekkakiveä. Sora on murskattu vuonna 1990. *Taulukossa 1* esitettävät tutkimustulokset ovat marraskuulta 1990.

Taulukko 1. *Tupurin soramurskeen tutkimustulokset.*

Kiintotiheys (g/cm ³)	2,71
Los Angeles -luku (%)	21,7
Parannettu haurausarvo (%)	15,7
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,21 / 1,40
Murtopintaluku (%)	49 / 21

Tupurin kalliomurske on keskikarkeaa, harmahtavaa graniittia, jossa on muutama rae kiillerikasta kiillegneissia. Graniitin mineraalit ovat silmämääräisesti arvioituina suorapintaisia. Näytteen joukossa oli myös muutamia lievästi rapautuneita rakeita. Kivi on murskattu syyskuussa 1991. *Taulukossa 2* esitetään kalliomurskeen tutkimustulokset.

Taulukko 2. *Tupurin kalliomurskeen tutkimustulokset.*

Kiintotiheys (g/cm ³)	2,67
Los Angeles -luku (%)	33,9
Parannettu haurausarvo (%)	22,6
Laatuluokka	III

2.1.2 Lukkarinmäki

Somerolta saatava Lukkarinmäen soramurske sisältää graniittia, kiillegneisiä ja vulkaniittia. *Taulukossa 3* esitetään varastokasasta otetun näytteen antamat tulokset. Tutkimukset on tehty helmikuussa 1992.

Taulukko 3. *Lukkarinmäen soramurskeen tutkimustulokset.*

Kiintotiheys (g/cm ³)	2,67
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,38 / 1,51
Parannettu haurausarvo (%)	13,1
Murtopintaluku (%)	42 / 34

2.1.3 Rähi

Rähiin koetiekiviaines on soramursketta. *Taulukossa 4* esitetään Rähiin murskausasemalla murskatun kiviaineksen keskimääräiset tutkimustulokset. Hienolla ja karkealla kosteuspitoisuudella tarkoitetaan hienosta (0...8 mm) ja karkeasta (8...16 mm) kiviaineksesta määritettyä kosteutta. Tutkimukset on tehty heinäkuussa 1993.

Taulukko 4. *Rähiin soramurskeen tutkimustulokset.*

Kiintotiheys (g/cm ³)	2,67
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,21 / 1,55
Kosteus (%)	2,23 (hieno); 0,26 (karkea)
Murtopintaluku (%)	29 / 22

2.1.4 Ristivuori

Hämeen tiepiiriin rakennettuihin emulsiokoeteihin käytettiin kiviaineksena Ristivuoren kiveä. *Taulukossa 5* esitetään Ristivuoren soramurskeen murskausaikaiset tutkimustulokset touko- ja kesäkuulta 1993.

Taulukko 5. *Ristivuoren soramurskeen tutkimustulokset.*

Kiintotiheys (g/cm ³)	2,68
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,70 / 1,65
Vesipitoisuus (%)	1,87
Murtopintaluku (%)	31 / 28
Humus	II

2.2 Sideaine

Sideaineina käytettiin bitumiemulsioita BE-ES 1000, BE-ES 1500, BE-ES 3000 ja BE-PAB 6000, joiden bitumipohjan viskositeetti vaihteli 1300...8300 mm²/s määritettynä 60°C:ssa. Vesi-bitumi -suhdetta seurattiin koko emulsion valmistusprosessin ajan. Bitumipitoisuus emulsiossa vaihteli 62,2...67,0%. Emulsion happamuutta ei erikseen ole määritetty. Emulgointilaitteiston avulla seurattu emulsioveden pH vaihteli 1,5...1,7.

2.3 Lisäaineet

Bitumipohjan tartukepitoisuus pidettiin vakiona koko emulsioprojektin ajan. Tartukkeena käytettiin 0,6 p-% diamiinitartuketta.

Emulsion murtumisen säätelystä kokeiltiin Uudenmaan koetiekohteessa lisäämällä sideaineeseen erilaisia määriä emulgaattoria. Emulgaattorina kokeiluissa käytettiin diamiinitartuketta Diamin OLB. Kokeiluissa emulgaattoria lisättiin karkealle kiviainekselle tulevan sideaineen joukkoon 0,25% ja hienolle kiviainekselle lisättävän sideaineen joukkoon 0,30...0,55%. Sopivimmaksi havaittiin yhdistelmä, jossa emulgaattoria lisätään 0,25% karkean kiviaineksen sideaineeseen ja 0,45% hienon kiviaineksen sideaineeseen.

Murtumisen säätelämisessä ja massan työstettävyyden parantamisessa kokeiltiin myös stabilaattoria EM26:ta, jota lisättiin hienon kiviaineksen joukkoon 2% kiviaineksen määrästä. Stabilaattoria sisältäneen vesiliuoksen pitoisuus oli 1%. Tuloksena oli sekoituksen jälkeen ruskea ja murtumaton massa, joka kuitenkin jo kuormauksen aikana murtui täysin. Stabilaattorin käytöstä luovuttiin.

3. LABORATORIOTUTKIMUKSET

3.1 Kiviainestutkimukset

Päällystemateriaaleinäkäytetyistä kiviaineksista tutkittiin kiven ominaispinta-ala, adsorptio ja mineraalikoostumus.

Ominaispinta-ala kuvaa rakeisuudeltaan < 0,074 mm suurusten rakeiden pinnan tasaisuutta. Tuloksista voidaan myös arvioida saven, siltin tai humuksen osuutta kiviaineksesta. Ominaispinta-ala määritettiin murskeen hienoaineksesta (< 0,074 mm) typpiadsorptiomenetelmällä.

Adsorptiomäärityksellä selvitetään kiviaineksen kyky sitoa fysikaalisesti vesihöyryä 100 %:n suhteellisessa kosteudessa seitsemässä vuorokaudessa, jonka aikana saavutetaan tasapaino hienoainekseen sitoutuneen ja pois haihtuneen veden välillä. Vedenadsorptioluku on näytteeseen adsorboituneen veden määrä ilmaistuna painoprosentteina näytteen kuivapainosta.

Kiviaineksen sisältämien mineraalien %-osuus esitetään likimääräisenä mineraalikoostumuksena.

Taulukko 6. *Etelä-Suomen koeteillä kesällä 1993 käytettyjen kiviainesten ominaisuudet.*

	ominais- pinta-ala (m ² /g)	veden- adsorptioluku (%)	mineraalikoostumus Kv Plg Kms Sv Bt Klo (%)
Tupuri SrM	5,02	2,11	35 30 25 10 <5 <5
Tupuri KaM	2,31	1,10	25 40 15 15 5 <5
Lukkarinmäki	5,79	3,24	35 40 15 10 <5 <5
Rähi	5,84	2,54	30 35 15 20 <5 <5
Ristivuori	6,05	1,71	31 40 15 0 7 7

Kv (kvartsi), Plg (plagioklaasi), Kms (kalimaasälpä), Sv (sarvivälke), Bt (biotiitti), Klo (kloriitti)

3.2 Sideainetutkimukset

Sideaineen ominaisuudet tutkittiin sekä emulsion että bitumipohjan osalta. Emulsioiden tutkimisesta vastasi VTT:n Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio.

Taulukko 7. Lukkarinmäen ja Tupurin sideainenäytteiden tutkimustulokset.

	BE-PAB 6000 mt 280	BE-ES 3000 mt 280	BE-ES 1500 mt 241	BE-PAB 6000 Tupuri	BE-ES 3000 Tupuri	BE-ES 1500 Tupuri	BE-ES 1000 Tupuri
Viskositeetti, 50 °C (mm ² /s)	120 (S)	110 (S)	98 (S)	94 (S)	136 (E)	94 (E)	94 (E)
Tislaus 260 °C asti -öljytislettä (til-%)	0	0	0	0	0	0	0,2
-tislausjäännös (p-%)	66	66	66	66	67	66	66
Tislausjäännös: -viskositeetti 60°C (mm ² /s)	7412	3173	2074	8300	3994	1823	1372
Murtuvuus (%) ASTM	16	18	6,3	15	18	11	4,4

Viskositeetin (50 °C) mittaus tehtiin sekä tervaviskometrinen menetelmällä (=S) että Engler-viskosimetrillä (=E).

Bitumiöljyn ominaisuudet tutkittiin sideainenäytteestä, joka otettiin Someron öljysorakohteesta. Sideaineen tutki Tielaitoksen Geokeskus.

Taulukko 8. Someroon rakennetun öljysorakohteen sideaineen tutkimustulokset. Bitumiöljyn tartukepitoisuus oli 1,3 %.

Viskositeetti, 60 °C (mm ² /s)	555
Jakotislaus Tislettä alkuperäisestä määrästä	
260 °C saakka (til-%)	0,00
315 °C saakka (til-%)	2,50
360 °C saakka (til-%)	6,00
Tislausjäännöksen viskositeetti, 60°C (mm ² /s)	2702
Vesipitoisuus (p-%)	0,0
Leimahduspiste (°C)	75

3.3 Massatutkimukset

3.3.1 Suhteitus

Sopivan sideainepitoisuuden löytämiseksi tehtiin TKK:n tielaboratoriossa tilavuussuhdetietoihin perustuvia suhteitustutkimuksia. Emulsiosoramassat suhteitettiin siten, että kiviaineksen tyhjätilan täyttöasteeksi jäi 37...38%. Pehmeän emulsioasfalttibetonin kiviaineksen tyhjätilan täyttöasteeksi tavoiteltiin 45%.

Koekappaleissa käytetty rakeisuuskäyrä oli öljysorassa käytettävän rakeisuuskäyrän kaltainen. Samaa rakeisuuskäyrää käytettiin sekä ES että PAB -massoille. Koekappaleita varten tarvittava kylmä (+5 °C) kiviaines oli jaettu seula-kohtaisiin lajitteisiin, joista rakennettiin murskausaikaisen keskiarvokäyrän mukainen 1400g kiviainesnäyte. Kiviaines kostutettiin 3% vesipitoisuuteen. Kostean kiviaineksen joukkoon sekoitettiin pienoissekoittimella emulsion koivuuden mukaan 3,1...4,4% lämmitettyä (40 °C) sideainetta. Valmis massanäyte kaadettiin tasaisesti lajittumia välttämällä Marshall-muottiin ja koekappale puristettiin hydraulisella puristimella. Puristusaika kaikille koekappaleille oli 60s ja käytetty voima 120kN. Mittakellojen avulla määritettiin koekappaleen korkeus puristusajan loppuvaiheessa. Puristuksen aikana massasta poistuvan veden määrä selvitettiin punnitsemalla näyte ennen ja jälkeen puristuksen.

Koekappaleen mittojen ja raaka-aineiden määrien ja kiintotiheyksien perusteella pystytään määrittämään seuraavat tilavuussuhdetiedot:

$$\text{Päällysteen tyhjätila -\%} = 1 - \frac{V_{\text{teor}}}{V_{\text{mitattu}}} \times 100$$

$$\text{Kiviaineksen tyhjätila -\%} = \text{sideaineen tilavuusosuus kappaleesta (\%)} + \text{päällysteen tyhjätila -\%}$$

$$\text{Täyttöaste -\%} = \frac{\text{sideaineen tilavuusosuus massasta (\%)}}{\text{kiviaineksen tyhjätila -\%}} \times 100$$

Koekappaleista laskettujen tilavuussuhdetietojen perusteella kullekin koetiekiiviainekselle määritettiin toivotun täyttöasteen antava sideainepitoisuus. Suhteitustutkimuksissa saadut tilavuussuhdetiedot ja niiden avulla määritetyt sideainepitoisuuksien ohjearvot ilmenevät taulukoista 9 ... 12.

Taulukot 9 - 12. Tilavuussuhde-ja halkaisuvetolujuuskokeiden tulokset.

9. Tupuri

sideaine / pit. (%)	kiviaineksen tyhjättila-% (KAT)	tyhjättila-% (TT)	täyttöaste-% (TA)	HVL (kN/m ²) 1 vrk +5 °C
BE-ES 1500 /3,3	22,08	13,77	32,15	70,8
BE-ES 1500 /3,5	22,19	13,46	33,95	79,5
BE-PAB 6000 /4,0	22,09	12,06	39,85	128,0
BE-PAB 6000 /4,2	22,21	11,75	41,60	141,3
BE-PAB 6000 /4,4	22,30	11,43	43,30	152,0

Tupurissa ennakkosuhteitus tehtiin ainoastaan kiviainekselle 50% SrM 0-6 mm +50% SrM 6-16 mm. Koetieosuuksilla lähtöarvona käytetty sideainepitoisuus oli 3,5%.

10. Lukkarinmäki

sideaine / pit. (%)	kiviaineksen tyhjättila-% (KAT)	tyhjättila-% (TT)	täyttöaste-% (TA)	HVL (kN/m ²) 1 vrk +5 °C
BE-ES 1500 /3,1	20,49	12,01	35,43	78,6
BE-ES 1500 /3,3	20,36	45,49	38,20	76,9
BE-ES 1500 /3,5	19,75	10,19	42,20	82,1
BE-PAB 6000 /3,8	20,06	9,54	46,25	110,3
BE-PAB 6000 /4,0	19,18	8,01	47,05	128,5
BE-PAB 6000 /4,2	19,93	8,34	51,90	141,8

Suhteituksessa käytetty kiviaines oli Lukkarinmäen soramursketta. Koetieosuuksilla lähtöarvona käytetty sideainepitoisuus oli emulsiosoraosuuksilla 3,3...3,4 %. EKAB-massoille tavoitesideainepitoisuus oli 4,0 %.

11. Rähi

sideaine / pit. (%)	kiviaineksen tyhjät- tila-% (KAT)	tyhjätila-% (TT)	täyttöaste-% (TA)	HVL (kN/m ²) 1 vrk +5 °C
BE-PAB 6000/3,74	19,61	8,90	73,00	167,0
BE-PAB 6000 /4,0	18,58	8,25	48,80	201,5
BE-PAB 6000 /4,2	18,74	7,92	51,00	206,1
BE-PAB 6000 /4,4	18,09	7,70	55,45	210,9

Sideainepitoisuudeksi Rähin soramurskeelle sideaineella BE-PAB 6000 suositeltiin 3,9...4,0 %.

12. Ristivuori

sideaine / pit. (%)	kiviaineksen tyhjät- tila-% (KAT)	tyhjätila-% (TT)	täyttöaste-% (TA)	HVL (kN/m ²) 1 vrk +5 °C
BE-ES 1500 / 3,2	19,32	11,33	34,95	100,6
BE-ES 1500 / 3,5	18,95	10,00	40,70	126,7

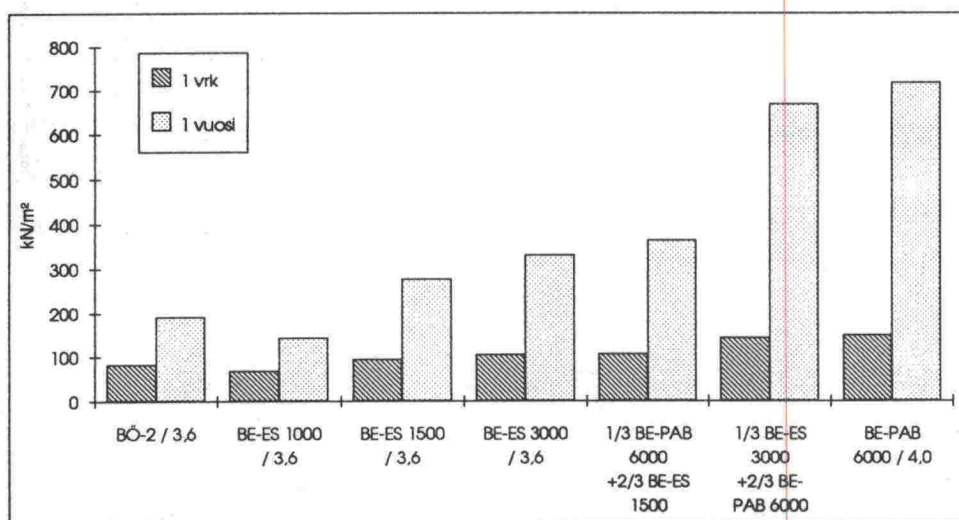
Sideainepitoisuudeksi Ristivuoren soramurskeelle sideaineella BE-ES 1500 päädyttiin suosittelemaan 3,4 %.

3.3.2 Stabiliateettitutkimukset

Massan lujuuden kehittymistä tutkittiin halkaisuvetokokeen tulosten avulla. Laboratoriossa valmistetut kappaleet koestettiin +5 °C lämpötilassa kuormittamalla niitä murtoon saakka. Kappaleen murtolujuuden, halkaisijan ja korkeuden avulla saadaan laskettua sen halkaisuvetolujuus. Halkaisuvetolujuuskoe tehtiin kappaleille 1 vuorokauden ja 1 vuoden ikäisinä. Aikaisempien tutkimusten perusteella lujuudeltaan likimäärin yhden vuoden ikäisiä koekappaleita saadaan säilyttämällä kappaleita vanhennuslaitteessa 14 vrk:n ajan.

Taulukko 13. Laboratoriossa tehtyjen koekappaleiden halkaisuvetolujuudet 1 vuorokauden ja 1 vuoden ikäisinä.

kiviaines	sideaine	HVL 1 vrk	HVL 1 vuosi
Tupuri SrM	BÖ2 / 3,6	83	192
	BE-ES 1000 / 3,6	68	144
	BE-ES 1500 / 3,6	94	276
	BE-ES 3000 / 3,6	104	330
Lukkarinmäki	1/3 BE-PAB 6000 + 2/3 BE-ES 1500 / 3,4	106	364
	1/3 BE-ES 3000 + 2/3 BE-PAB 6000 / 4,0	143	669
	BE-PAB 6000 / 4,0	149	718



1. Eri sideaineilla valmistettujen öljysora- ja emulsiosorakoekappaleiden lujuuksien kehittyminen.

3.3.3 Vedenkestävyys

Kiviaineksen ja sideaineen välisen tartunnan lujuutta arvioitiin märkäsekoitustulosten ja tarttuvuusluvun avulla.

Tarttuvuusluku

Tarttuvuusluku on täysin vedellä kyllästetyn koekappaleen halkaisuvetolujuuden prosentuaalinen osuus kuivan koekappaleen halkaisuvetolujuudesta.

Taulukko 14. Koekiviaineksista BE-PAB 6000:lla valmistettujen emulsiokappaleiden tarttuvuusluvut. Sideainepitoisuus on 4,0 %.

kiviaines	tarttuvuusluku (%)
Tupuri	60,9
Lukkarinmäki	52,7
Rähi	55,9

Märkäsekoitus

Koeteillä käytettyjen kiviainesten soveltuvuus emulsiosoran materiaaliksi testattiin ennen päällystyskohteen aloittamista märkäsekoituskokeella. Eri kiviainesten välinen vertailu tehtiin käyttämällä sideaineena Neste Oy:n valmista-
maa BE-ES 1500. Tämän lisäksi sekä Lukkarinmäen että Rähin kiviainekselle kokeiltiin sideaineena Tupurissa emulgointilaitteistolla valmistettua emulsiota BE-ES 1500. Niille kiviaineksille, joita käytettiin myös öljysoran materiaalina, tehtiin märkäsekoituskoe BÖ-2:lla. Sideainepitoisuus märkäsekoituskokeessa oli 1,5% ja tartukepitoisuus bitumiöljyllä 0,8% ja emulsioilla 0,6%.

Jotta kiviaines voidaan hyväksyä emulsiosorassa käytettäväksi, tulee märkäsekoituskokeen 60 minuutin näytteen peittoasteen olla vähintään 70 %. Kaikilla koemassoilla peittoaste jäi alle sallitun arvon, mutta päällysteessä koetiekiviainekset toimivat hyvin. Ero laboratoriomenetelmän ja kentällä saatujen tulosten välillä oli huomattava ja osoittaa, että koemenetelmässä on kehittämistä ja märkäsekoituskokeen tuloksiin on suhtauduttava varauksella.

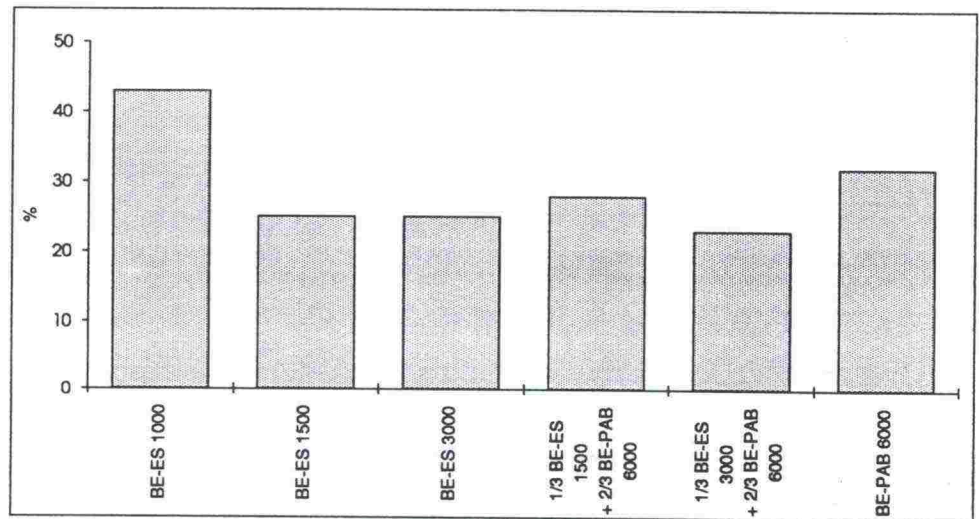
Taulukko 15. Bitumiemulsiolla BE-ES 1500 ja BÖ-2:lla tehtyjen märkäsekoituskokeiden tulokset.

kiviaines	sideaine	0 min	5 min	30 min	60 min
Tupuri					
SrM	BE-ES 1500	93	75	50	40
KaM		96	100	90	50
SrM	BÖ-2	80	95	55	40
KaM		96	98	90	50
Lukkarinmäki	BE-ES 1500	100	70	50	35
	BE-ES 1500 Tupuri	93	65	35	25
	BÖ-2	75	85	55	35
Rähi	BE-ES 1500 Tupuri	98	100	75	50
Ristivuori	BE-ES 1500	98	95	70	50
	BÖ-2	98	96	92	45

3.4 Tutkimukset kenttälaboratoriossa

Kenttälaboratoriossa määritettiin ajoratanäytteistä toteutunut sideainepitoisuus, vesipitoisuus ja MYR-tartunta. Tulokset tehdyistä kokeista esitetään luvuissa 5...7 kohteita käsittelevissä jaksoissa. Kenttälaboratoriossa uutusuodatuksella selvitettiin myös massan toteutuneet rakeisuuskäyrät. Näytteistä saatujen rakeisuuksien keskiarvo- ja keskihajontatulokset esitetään liitteessä 3.

Massakuormanäytteistä tutkittiin näytteessä olevien peittymättä jääneiden kivien osuus. Kuvassa 2 esitetään Tupurin soramurskeella eri sideaineilla saatujen täysin valkoisiksi jääneiden kivien osuus massanäytteen määrästä. Tutkittujen näytteiden sideainepitoisuus on ollut likimäärin 4,0% ja vesipitoisuus on vaihdellut 4,2...6,4%:iin. Aineiston pienen määrän vuoksi tulokset ovat vain suuntaa antavia, mutta näyttäisi, että jäykemmillä sideaineilla peittoasteet ovat jonkin verran parempia kuin pehmeillä sideaineilla. Samoin kalliomurskeen määrän lisäys saattaisi parantaa peittoastetta. Liitteessä 1 on Lemminkäinen Oy:n määrittämät peittoasteet eri kiviainesten osalta.



2. Tupurin soramurskeesta eri sideaineilla valmistetun massan täysin valkoi-seksi jääneiden kivrakeiden osuus massanäytteen määrästä.

4. TYÖMENETELMÄT

4.1 Koneasema

Koneasemana eri kohteissa käytettiin Lemminkäinen Oy:n VEM 300 massanvalmistusasemaa (*liite 2*). Aseman maksimiteho on 300 t/h ja käyttöteho oli 150 t/h.



3. Lemminkäinen Oy:n massanvalmistusasema.

Emulsio valmistettiin asemalla käyttämällä Scan Roadin jatkuvasekoitteista SEP IN LINE 12 -emulsiolaitosta, jonka kapasiteetti on 12 t/h.



4. Etelä-Suomen emulsiokoeteillä käytetty ScanRoadin emulgointilaitos.

4.2 Muut laitteet ja miesvahvuudet

Levittimiä oli tarpeen vaatiessa käytössä kaksi. Pääkoneena käytettiin Barber-Greene 250 levitintä, johon oli liitetty Partner 3000 täry. Levittimen valmistusvuosi on 1989. Varakoneena käytettiin Barber-Greene 131 PT 2500 levitintä, jonka valmistusvuosi on 1977.

Levitetyn massan jyräyksessä käytettiin kahta jyrää: Advance 8000 vuodelta 1977 ja Lokomo AJ 880 8000 vuodelta 1983.

Liimausten yhteydessä käytetty liimanlevitin oli Lemminkäinen Oy:n vuonna 1991 valmistama Limo tonni.

Urakoitsijan työvoima levitystyön aikana oli:

- teknillinen henkilökunta 1
- työnjohto 2
- ammattityöntekijät 9
- aputyöntekijät 2

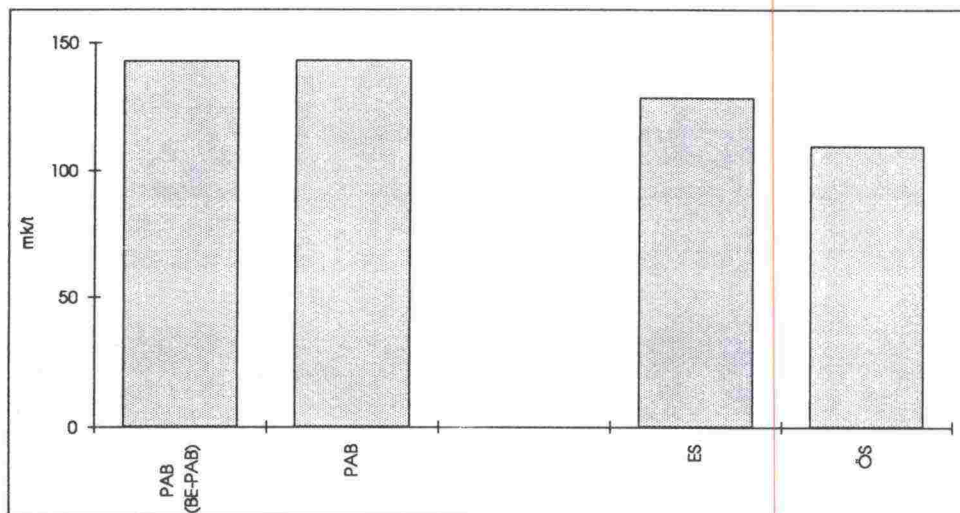
4.3 Kokeilun kustannustarkastelu

Kesän 1993 Etelä-Suomen emulsiopäällystystyö oli osa laajempaa emulsiopäällysteiden tutkimusta. Kaikkiaan päällystettiin 79 km maanteitä, ja erilaisia kokeilumassoja päällysteeksi levitettiin 47920 t. Turun, Uudenmaan ja Hämeen tiepiirien alueilla päällystettyihin emulsioteihin sisältyi kuitenkin vielä runsaasti erilaisia sideaineeseen, kiviainekseen ja tartukkeisiin liittyvää kokeilemistä. Kokeilun luonteeseen kuuluu myös normaaliin päällystystyöhön verrattuna runsaampi ajan käyttö, joka aiheutuu massan laadun ja tutkimustulosten tarkasta seurannasta.

Kustannustiedot perustuva Turun tiepiiriltä saatuun aineistoon, joka sisältää kaikki kokeilun aiheuttamat kustannukset. Vertailun vuoksi esitetään myös kesän 1993 aikana Turun piirissä tehdyistä öljysorapäällysteistä ja pehmeistä asfalttibetonipäällysteistä aiheutuneet kustannukset. Otos sisältää Turun tiepiirin alueelle tehtynä 8001 t pehmeää asfalttibetonipäällystettä, 11233 t öljysorapäällystettä, 13367 t pehmeää asfalttibetonia, jossa sideaineena on emulsio, ja 16592 t emulsiosoraa.

Turun tiepiirin alueella päällystettyjen emulsiosoraosuuksien tiepiirille aiheutuneet keskimääräiset kustannukset olivat 128,05 mk/t ja öljysoraosuuksien kustannukset olivat 109,64 mk/t. Pehmeän asfalttibetonipäällysteen, jossa

sideaineena on emulsio, kustannukset tonnia kohden olivat 142,76 mk ja pehmeän asfalttibetonipäällysteen 143,08 mk/t. (kuva 5)



5. Turun tiepiirissä 1993 toteutettujen emulsiopäällysteiden, öljysorapäällysteiden ja pehmeiden asfalttipäällysteiden kustannusvertailu.

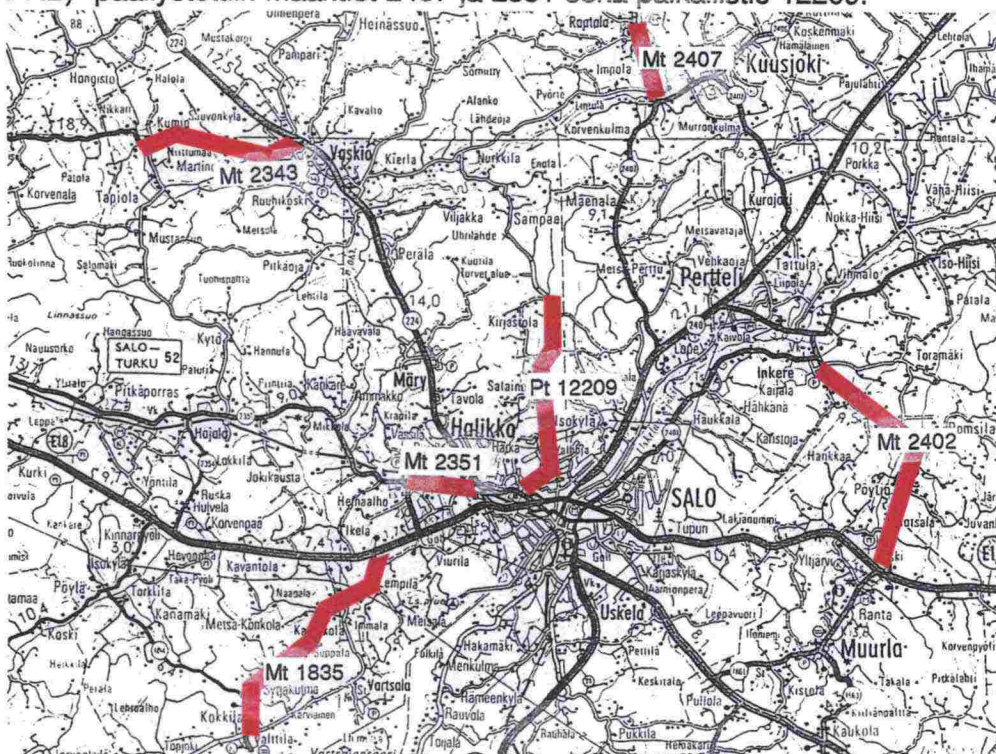
Emulsiopäällysteiden hinnasta suhteessa muiden päällystysmateriaalien hintoihin saadaan selvyys vasta, kun kustannukset kilpailutilanteessa asettuvat oikeaan asemaansa.

5. TURUN PIIRIN EMULSIOKOETIET

Turun tiepiiriin rakennettiin emulsiokoeteita Salon ja Someron tiemestaripiirien alueille. Koeosuudet on esitetty *kuviissa 6 ja 13*.

5.1 Salon tiemestaripiirin koetiet

Salon tiemestaripiirin alueelle rakennettiin erilaisia emulsiosoraosuuksia maanteille 1835, 2343 ja 2402. Pehmeällä asfalttibetonilla (sideaineena BE-PAB) päällystettiin maantiet 2407 ja 2351 sekä paikallistie 12209.



6. Salon tiemestaripiirissä kesällä 1993 päällystetyt emulsiokoetiet.

5.1.1 Mt 1835 Kumpula-Kemiö

Maantiellä Kumpula-Kemiö KVL on 1900 ajon./vrk. Vuonna 1969 tielle on levitetty pinnan sitomiseksi bitumiliuosta, ja kesällä 1983 tie päällystettiin öljysoralla. Kesällä 1993 päällystetty tieosuus on 6,5 m leveä ja 8752 m pitkä. Kuukautta ennen päällystystöiden aloittamista tie karhittiin tiehöylän tappiterällä. Kumpula-Kemiö -tie oli kesän 1993 emulsiokokeilujen pääkohde.

Erilaisia koeosuuksia mt 1835 oli kahdeksan. Kuvassa 7 esitetään eri koeosuudet ja niissä käytetty kiviaines, sideaine ja toteutunut sideainepitoisuus. Kiviaineksena käytettiin Tupurin sora- ja kalliomursketta ja eri kiviainesyhdistelmät olivat: 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm, 50% KaM 0-4 mm + 50% KaM 4-16 mm, 100% SrM 0-16 mm ja 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm. Sideaineina eri koeosuuksilla käytiin BE-ES 1000, BE-ES 1500, BE-ES 3000 ja BÖ-2. Sideainepitoisuudet vaihtelivat 3,4...3,6%. Tartukkeen määrä emulsion bitumipohjassa oli 0,6%, ja kokonaistartukepitoisuus vaihteli 0,3...0,35%. Taulukossa 16 on esitetty kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty kolmesta ajoratanäytteestä.

Taulukko 16. Mt 1835 Kumpula-Kemiö eri koeosuuksien kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä sideainepi- toisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 8752-7850 oik 8752-7762	63,4	3,39 / 3,6	0,3	5,50	1,1	1,00	0,4
2. vas 7850-7008 oik 7762-6694	BÖ-2	3,52 / 3,6	0,2	3,08	0,2	0,13	0,2
3. vas 7008-5723 oik 6694-5892	65,8	3,31 / 3,6	0,3	4,14	0,2	1,13	0,7
4. vas 5723-5046 oik 5892-5010	62,7	3,36 / 3,6	0,3	4,55	0,1	1,13	0,7
5. vas 5046-3368 oik 5010-3448	68,1	3,51 / 3,6	0,3	4,86	0,3	0,93	0,4
6. vas 3368-3083 oik 3448-2983	66,7	3,47 / 3,6	0,0	4,28	0,1	0,07	0,1
7. vas 3083-2440 oik 2983-2300	66,6	3,61 / 3,6	1,9	4,43	0,4	0,27	0,1
8. vas 719-0 oik 1216-0	-	3,61 / 3,6	0,2	4,33	0,5	0,63	0,5

Massaa levitettiin keskimäärin 77 kg/m², ja päällystyksessä käytetty kokonaismassamäärä oli 4712 t. Päällystystyötä tehtiin 21.6.-2.7.93. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 14,1 km. Ennen varsinaisten päällystysten aloittamista tehtiin lukuisia koemassoja, koska kyseessä oli kesän

1993 ensimmäinen kokeilukohde, jossa käytettiin koneasemalla olevaa emulgointilaitteistoa.

Osuudella 8 ongelmia aiheutti päällysteen tarttuminen renkaisiin, jolloin tien pinta alkoi purkautua. Suurempien ongelmien välttämiseksi reikiintyneet kohdat paikattiin öljysoralla. Öljysoraosuudella (osuus 2) ongelmaksi osoittautui sideaineen runsas pintaannousu.

Mt 1835			
8752	VK	OK	8752
	1	1	
7850			7762
	2	2	
7008			6694
	3	3	
5723			5892
	4	4	
5046			5010
	5	5	
3368			3448
3083	6	6	2983
	7	7	
2440			2300
	1	1	
1216			719
	8	8	
0			0

MT 1835 KUMPULA-KEMIÖ

1. 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm
BE-ES 1500 / 3,39%
2. 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm
BÖ2T13 / 3,52%
3. 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm
BE-ES 1000 / 3,31%
4. 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm
BE-ES 3000 / 3,36%
5. 100% SrM 0-16 mm
BE-ES 1000 / 3,51%
6. 60% KaM 0-8 mm + 40% KaM 6-16 mm
BE-ES 1500 / 3,47%
7. 50% KaM 0-4 mm + 50% KaM 4-16 mm
BE-ES 1500 / 3,61%
8. 50% SrM 0-6 mm + 50 % SrM 6-16 mm
BE-ES 1500 / 3,61%

7. Kesän 1993 Etelä-Suomen ensimmäinen emulsiokohde tehtiin Saloon mt 1835:lle. Paalulukemat kasvavat suunnassa Kumpulasta Kemiöön.

5.1.2 Mt 2343 Paimio kk - Vaskio

Maantiellä 2343 keskivuorokausiliikenne on 330 ajon./vrk. Vuonna 1974 tie päällystettiin öljysoralla. Emulsiokokeiluun kuuluvan tien pituus on 5050 m ja tien leveys on 6,0 m. Ennen päällystystyötä tien pinta karhittiin tiehöylän tappiterällä. Koetie esitellään *kuvassa 8*.

Tielle levitetyn massan sideaineena oli BE-ES 1500 ja kiviaineksena Tupurin soramurske 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm. Suhteituksessa saatu sideainepitoisuuden ohjearvo oli 3,4%. Kenttälaboratoriossa tutkittiin seitsemän ajoratanäytettä. Tulokset esitetään *taulukossa 17*.

Massaa levitettiin keskimäärin 82 kg/m², ja päällystyksessä käytetty massan kokonaismäärä oli 2987 t. Päällystystyötä tehtiin 5.-7.7.93. Työssä käytettiin kahta levitysyhmää. Samassa yhteydessä levitettiin Turilan paikallistielle 12315 emulsiosoraa 100 kg/m² yhteensä 357 t. Levityskohteiden keskimääräinen etäisyys koneasemasta oli 20,6 km.

Taulukko 17. *Mt 2343 Paimio kk - Vaskio päällystemassojen laboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.*

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä sideainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-5050 oik 0-5050	67,0	3,56/ 3,4	0,17	4,67	0,19	0,45	0,45

5.1.3 Mt 2402 Kaukelma - Pajari

Maantiellä Kaukelma-Pajari KVL on 1400 ajon./vrk. Vuonna 1984 tie päällystettiin öljysoralla. Ennen kesän 1993 emulsiopäällystystyötä tien pinta karhittiin tiehöylän tappiterällä.

Erilaisia koeosuuksia mt 2402:lla on kaksi (*kuva 9*). *Taulukossa 18* on esitetty kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty seitsemästä ajoratanäytteestä. Kiviaineksena käytettiin Tupurin kalliomurskeen ja soramurskeen yhdistelmää 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm. Emulsioista kokeiltiin BE-ES 1500 ja BE-ES 3000. Sideainepitoisuuden ohjearvo oli 3,4%.

Taulukko 18. Mt 2402 Kaukelma-Pajari päällystemassan eri kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 6378-5708 oik 6378-5233	-	3,40 / 3,4	0,3	4,55	0,3	0,06	0,1
2. vas 2337-0 oik 2337-0	-	3,57 / 3,4	0,1	4,63	0,2	0,05	0,1

Massaa levitettiin 80 kg/m², ja päällystyksessä käytetty kokonaismassamäärä oli 3440 t. Päällystystyötä tehtiin 12.-14.7.93. Levityskohteen keskimääräinen etäisyys koneasemasta oli 9,3 km.

5.1.4 Mt 2407 Veitakkala - Koski

Maantiellä 2407 välillä Veitakkala-Koski KVL on 1050 ajon./vrk. Vuodesta 1984 tiellä on ollut öljysorapäällyste. Kesällä 1993 päällystetty tieosuus on 6,5 m leveä ja 5350 m pitkä. Ennen päällystystöitä vanha öljysorapäällyste karhittiin tiehöylän tappiterällä.

Mt 2407:lle rakennettiin kaksi (*kuva 10*) erilaista pehmeää asfalttikonipäällystettä, joiden sideaineena käytettiin emulsiota. Kiviaineksena oli Tupurin kallio- ja soraurskeen yhdistelmä 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm. Sideaineina eri koeosuuksilla käytettiin BE-PAB 6000 sekä yhdistelmää ¾ BE-ES 1500 + ¼ BE-PAB 6000, missä BE-ES 1500 lisättiin hienolle 0-8 mm kiviainekselle ja BE-PAB 6000 karkealle 6-16 mm kiviainekselle. Sideainepitoisuuden ohjearvo molemmilla osuuksilla oli 3,4%. Kenttälaboratorion tutkimustulokset esitetään *taulukossa 19*. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty seitsemästä ajoratanäytteestä.

Päällystystyötä tehtiin 12.-14.7.93. Massaa levitettiin keskimäärin 80 kg/m², ja päällystyksessä käytetty massan kokonaismäärä oli 2835 t. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 21,2 km.

Taulukko 19. Mt 2407 Veitakkala - Koski eri koeosuuksien kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 5432-3877 oik 5258-3877	64,2	3,40 / 3,4	0,3	4,12	0,8	0,33	0,1
2. vas 3877-80 oik 3877-80	64,5 (BE-PAB 6000) 64,7 (BE-ES 1500)	3,50 / 3,4	0,2	4,58	0,3	0,05	0,1

5.1.5 Pt 12209 Salainen

Paikallistien 12209 keskivuorokausiliikenne on 400 ajon./vrk. Vuonna 1978 tie päällystettiin asfalttikonilla. Ennen kesän 1993 päällystystöitä tien pinta jyrättiin. Emulsiokokeiluun kuuluvan tien leveys on 6,5 m ja pituus 800 m.

Salaisten paikallistielle rakennettiin kaksi koetieosuutta (kuva 11). PAB-masojen sideaineina olivat yhdistelmät $\frac{2}{3}$ BE-ES 1500 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 ja $\frac{2}{3}$ BE-ES 3000 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000, joiden ohjesideainepitoisuutena käytettiin 3,4%. Yhdistelmäsideaineissa BE-ES 1500 ja BE-ES 3000 sekoitettiin hienon kiviaineksen joukkoon ja BE-PAB 6000 karkean kiviaineksen joukkoon. Kiviaineena oli Tupurin kallio- ja soramurskeen yhdistelmä 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm sekä pelkkä Tupurin soramurske 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm. Taulukossa 20 on esitetty kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvotulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Päällystyksessä käytetty kokonaismassamäärä oli 438 t, ja päällystettä levitettiin likimäärin 80 kg/m². Päällystystyötä tehtiin 14.-15.7.93. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 6,0 km.

Taulukko 20. Pt 12209 Salainen päällystemassojen kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvotulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-490	65,7 (BE-PAB 6000)	3,36 / 3,4	-	4,47	-	1,80	-
2. vas 490-800 oik 0-800	-	3,70 / 3,4	-	4,49	-	0	-

5.1.6 Mt 2351 Halikko - Paimio

Maantien 2351 keskivuorokausiliikenne on 500 ajon./vrk. Vuonna 1983 tie päällystettiin asfalttibetonilla. Ennen kesän 1993 päällystystöitä tien pinta jyrssiin. Emulsiokokeiluun kuuluvan tien leveys on 7,0 m ja pituus 1150 m.

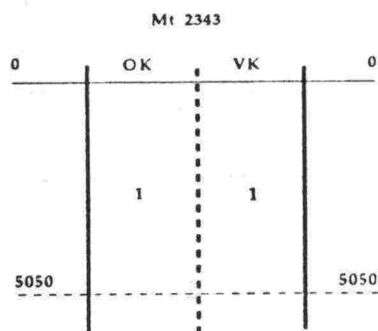
Välille Halikko-Paimio rakennettiin yksi PAB koeosuus, jossa sideaineena käytettiin emulsiota (kuva 12). PAB-massan sideaineena oli yhdistelmä $\frac{2}{3}$ BE-ES 3000 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000. Vasemman kaistan sideainepitoisuudet jäivät työn alkuvaiheessa noin 3,4%:iin, jonka havaittiin olevan liian pienen. Tästä syystä sideainepitoisuutta nostettiin 3,9%:iin. BE-ES 3000 sekoitettiin hienon kiviaineksen joukkoon ja BE-PAB 6000 karkean kiviaineksen joukkoon. Kiviaines oli Tupurin kallio- ja soramurskeen yhdistelmä 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm.

Taulukko 21. Mt 2351 Halikko - Paimio emulsiokokeilun kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta- (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 42-1150 oik 42-1150	65,9 (BE-ES 3000)	4,29 / 3,9	0,3	4,61	0,0	0,20	0,0

Taulukossa 21 on esitetty kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

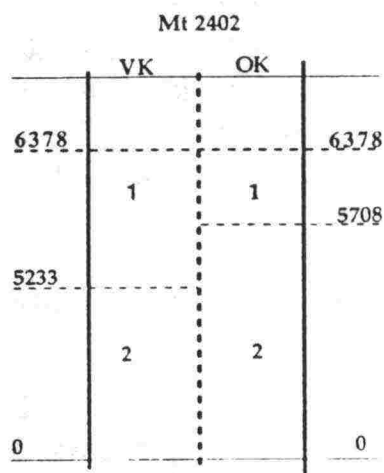
Päällystyksessä käytetty kokonaismassamäärä oli 726 t, ja massaa levitettiin keskimäärin 80 kg/m^2 . Liimaustyötä kohteessa tehtiin 9078 m^2 . Päällystystyöt saatiin valmiiksi 15.7.93. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 10,7 km.



MT 2343 PAIMIO KK - VASKIO

1. 50% SrM 0-6 mm + 50% SrM 6-16 mm
BE-ES 1500 / 3,56%

8. Paalulukemat kasvavat suunnassa Paimio kk - Vaskio.



MT2402 KAUKELMA - PAJARI

1. 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm
BE-ES 1500 / 3,40%
2. 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm
BE-ES 3000 / 3,57%

9. Kaukelmasta Pajariin. Paalulukemat kasvavat etelästä pohjoiseen mentäessä.

Mt 2407

	VK	OK	
5432			5258
	1	1	
3877			3877
	2	2	
80			80

MT 2407 VEITAKKALA - KOSKI

1. 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm
BE-PAB 6000 / 3,40%
2. 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm
2/3 BE-ES 1500 + 1/3 BE-PAB 6000 / 3,50%

10. Veitakkala - Koski. Paalulukemat kasvavat etelästä pohjoiseen mentäessä.

Pt 12209

	OK	VK	
		1	490
800	2	2	800

PT 12209 SALAINEN

1. 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm
 $\frac{2}{3}$ BE-ES 1500 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 / 4,04%
2. 60% KaM 0-8 mm + 40% SrM 6-16 mm
 $\frac{2}{3}$ BE-ES 3000 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 / 3,70%

11. Salaisten paikallistie. Paalulukemat kasvavat pohjoisesta etelään mentäessä.

Mt 2351

	OK	VK	
-42			-42
	1	1	
1150			1150

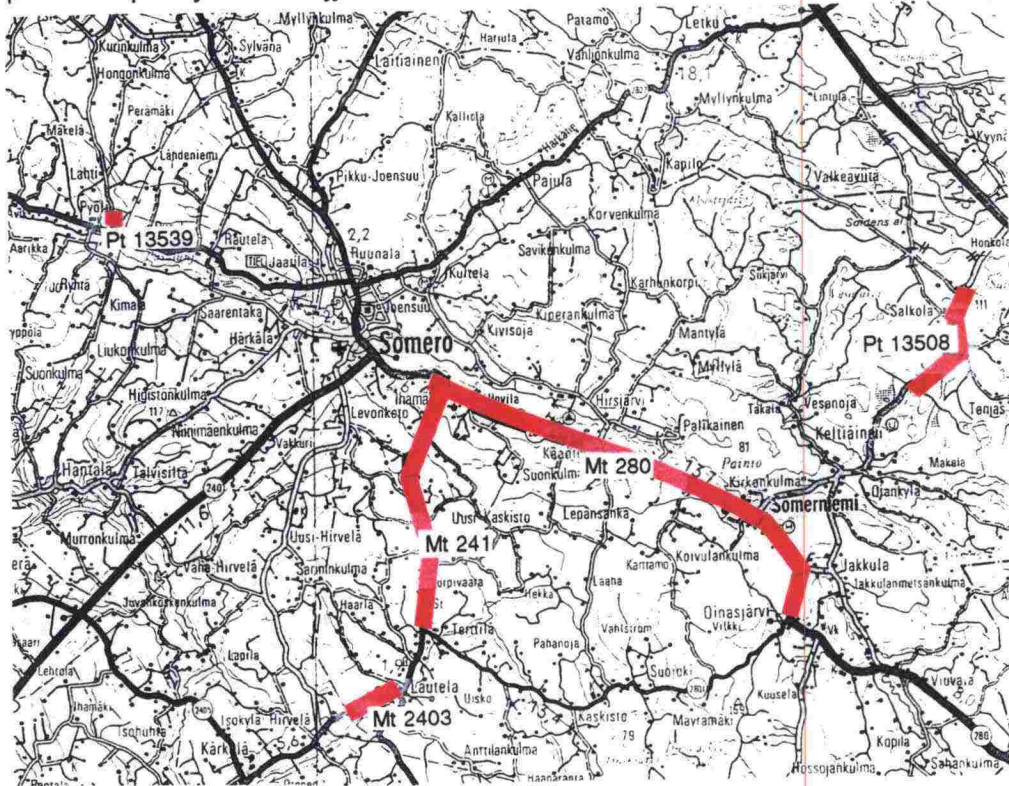
MT 2351 HALIKKO - PAIMIO

1. 60% SrM 0-6 mm + 40% SrM 6-16 mm
2/3 BE-ES 3000 + 1/3 BE-PAB 6000 / 4,29%

12. Halikko - Paimio. Paalulukemat kasvavat lännestä itään mentäessä.

5.2 Someron tiemestaripiirin koetiet

Someron tiemestaripiirin alueelle tultaessa koneasema siirrettiin Lukkarinmäelle. Tiemestaripiiriin rakennettiin emulsiokoeosuuksia neljään eri kohteeseen: paikallistielle 13539 sekä maanteille 2403, 241 ja 280. Referenssikohde pt 13508 päällystettiin öljysoralla.



13. Someron tiemestaripiirissä kesällä 1993 päällystetyt kokeilukohteet.

5.2.1 Pt 13539 Lahden pt

Liikennemäärät Lahden paikallistiellä ovat 100 ajon./vrk. Tiellä oli suurimmalta osaltaan sorapohja, joka ennen päällystystyötä karhittiin. Kesällä 1993 päällystetty tieosuus oli 613 m pitkä ja 6,0 m leveä.

Koeosuuksia Lahden paikallistiellä oli yksi (kuva 14). Kiviaineksena käytettiin Lukkarinmäen soramursketta 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm. Sideaineena oli BE-ES 1500, ja ohjesideainepitoisuus oli 3,4%. Taulukossa 22 esitetään kenttälaboratoriossa saadut massan laadun tutkimustulokset. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvotulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Massaa levitettiin keskimäärin 91 kg/m², ja päällystyksessä käytetty ko-

konaismassamäärä oli 341 t. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 20,0 km. Päälystystyö tehtiin 9.8.93.

Taulukko 22. Pt 13539 emulsiokoeosuuden kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvotulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-613 oik 0-613	64,5	3,55 / 3,4	-	4,92	-	0,40	-

5.2.2 Mt 2403 Pertteli - Lautela

Maantiellä Pertteli-Lautela KVL on 300 ajon./vrk. Tiellä oli öljysorapäälyste, joka ennen kesän -93 päälystystöitä karhittiin ja tasattiin. Tien pituus on 1425 m ja leveys 6,5 m.

Koeosuuksia mt 2403:lla on yksi (kuva 15). Kiviaineksena käytettiin Lukkarinmäen soramursketta 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm. Sideaineena oli BE-ES 1500 ja BE-PAB 6000 yhdistelmä: $\frac{2}{3}$ BE-ES 1500 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 ohjesideainepitoisuudella 3,4%. BE-ES 1500 ruiskutettiin hienolle kiviainekselle ja BE-PAB 6000 karkealle kiviainekselle. Taulukossa 23 esitetään kenttälaboratoriossa saadut massan laadun tutkimustulokset. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Taulukko 23. Mt 2403 Pertteli - Lautela päälystysmassojen kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-1425 oik 0-1425	-	4,04 / 3,4	0,7	5,17	0,5	0,60	0,3

Päälystyksessä käytetty massan kokonaismäärä oli 746 t, ja massaa levi-

tettiin 80 kg/m². Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 21,0 km. Päälystystyötä tehtiin 10.8.93.

5.2.3 Mt 241 Kitula - Seppälä

Mt 241 Kitula-Seppälä välillä KVL on 550 ajon./vrk. Tieosalla oli öljysora-päälyste, joka ennen kesän 1993 emulsiokokeilua karhittiin ja tasattiin. Uudelleen päälystetyn tien pituus on 8000 m ja tien leveys on 6,5 m.

Sideaineen perusteella tiellä on kaksi erilaista koeosuutta (*kuva 16*): $\frac{2}{3}$ BE-ES 1500 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 sideainepitoisuudella 3,4% ja $\frac{2}{3}$ BE-PAB 6000 + $\frac{1}{3}$ BE-ES 3000 sideainepitoisuuksilla 3,8...4,0%. Edellisestä yhdistelmästä BE-ES 1500 ja jälkimmäisestä BE-PAB 6000 sekoitettiin hienon kiviaineksen joukkoon. Lisäksi päälystettiin osuus, jossa levitetty massamäärä oli 100 kg/m². Kiviaineksena jokaisella osuudella on käytetty Lukkarinmäen soramursketta 55% SrM 0-8 mm + 45% SrM 8-16 mm. *Taulukossa 24* esitetään kenttälaboratoriossa tutkittujen massanäytteiden tulokset. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Taulukko 24. Mt 241 Kitula - Seppälä päälystemassojen laboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä side- ainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-4572 oik 0-4572	-	3,59 / 3,4	0,2	5,79	0,43	3,00	1,38
2. vas 4572-7992 oik 4572-7992	-	4,26 / 4,0	0,1	5,95	0,3	2,95	1,3

Massaa levitettiin 80 kg/m², ja päälystyksessä käytetty massan kokonaismäärä oli 4366 t. Paaluvälillä 818-898 massaa levitettiin vasemmalla kaistalla 100 kg/m². Levityskohteen etäisyys koneasemasta oli keskimäärin 8,5 km. Päälystystyötä tehtiin 10.-17.8.93.

Pinnan sitomiseksi jouduttiin myös kohteessa Kitula-Seppälä tien pinta hiekottamaan hienolla murskeella.

5.3.4 Mt 280 Koisjärvi - Häiviä

Liikennemäärä maantiellä 280 Koisjärvi-Häiviä on 1500 ajon./vrk. Tie on ollut vuodesta 1986 päällystettynä asfalttibetonilla. Ennen kesän 1993 emulsiopäällystystä tien pinta jyrättiin. Pehmeä asfalttibetonipäällyste, jossa sideaineena käytettiin emulsiota, kiinnitettiin vanhaan päällysteeseen liimamalla. Uudelleen päällystetyn tien pituus on 13300 m ja tien leveys 6,0 m.

Päällystystyössä käytetty kiviaines oli Lukkarinmäen soramursketta 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm. Sideaineina käytettiin yhdistelmää $\frac{1}{2}$ BE-PAB 6000 + $\frac{1}{2}$ BE-ES 3000. BE-PAB 6000 sekoitettiin hienon kiviaineksen (0-6 mm) joukkoon ja BE-ES 3000 karkean kiviaineksen (6-16 mm) joukkoon. Ohjesideainepitoisuus oli 4,0%. *Taulukossa 25* on esitetty kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. *Kuvassa 17* on koetieosa. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Taulukko 25. Mt 280 Koisjärvi - Häiviä päällystemassojen kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipitoisuus %	jäävä sideainepitoisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-13300 oik 0-13300	62,2 (BE-PAB 6000); 64,8 (BE-ES 3000)	4,57 / 4,0	0,2	5,71	0,7	2,12	0,8

Kohteessa aiheutti ongelmia sideaineen runsas pintaannousu ajourien kohdalla. Tuoreesta päällysteestä irtosi myös kiviä. Ongelma saatiin korjattua hiekoittamalla uuden päällysteen pinta 0-4 mm murskeella. Lopputuloksena oli hyvä ja tasainen pinta.

Sideainepitoisuutta tai kiviainesta ei päällystystyön yhteydessä muutettu, vaan koko tieosuus päällystettiin samalla massalla. Massaa levitettiin tien eri osiin tien kunnosta riippuen 80 kg/m² tai 100 kg/m². Keskimäärin levitetty massamäärä oli 90 kg/m². Päällystyksessä käytetty kokonaismassamäärä oli 9368 t. Päällystystyötä tehtiin 17.-26.8.93. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli keskimäärin 6,0 km.

Pt 13508 Somerniemi - Salkola

Paikallistie 13508 on yhdystienä mt 280 ja vt 2 välillä. Tie kulkee halki järvialueen, jossa kesäisin mökkiliikenne on vallitsevaa. Ennen kesän 1993 päällystystöitä pt 13508 oikaistiin ja tasattiin. Liikennemäärät ovat nykyisin pienet noin 100 ajon./vrk, mutta uudistustöissä on varauduttu jopa 500 ajon./vrk:ssa. Emulsioteiden referenssikohde pt 13508 päällystettiin öljysoral-la. Päällystetyn tieosan pituus oli 3900 m ja leveys 6 m.

Kiviaineksena käytettiin Lukkarinmäen soramursketta 0-16 mm. Sideaineena oli BÖ-2, jossa tartuketta 1,3%. Massan tavoitesideainepitoisuus oli 3,4%. Ajoratanäytteistä määritetty massan keskimääräinen sideainepitoisuus oli 3,45% ja vesipitoisuus samoin 3,45%.

Massaa levitettiin keskimäärin 104 kg/m² kokonaismassamäärän ollessa 2424 t. Massoja valmistettiin 27.-30.8.93. Levityskohteen keskimääräinen etäisyys koneasemalta oli 9,5 km.

Pt 13539

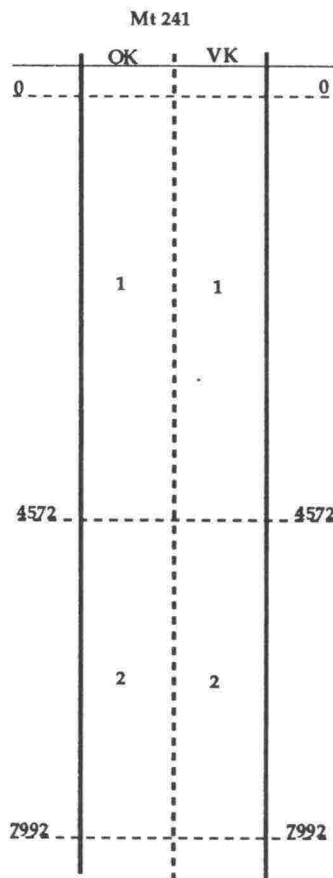
	OK	VK		PT 13539 LAHDEN PT
613	1	1	613	1. 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm BE-ES 1500 / 3,55%

14. Lahden paikallistie. Paalulukemat kasvavat etelästä pohjoiseen mentäessä.

Mt 2403

	OK	VK		MT 2403 PERTTELI - LAUTELA
0			0	1. 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm $\frac{2}{3}$ BE-ES 1500 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 / 4,04%
	1	1		
1425			1425	

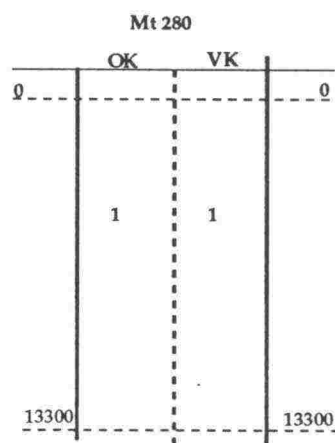
15. Perttelistä Lautelaan. Paalulukemat kasvavat etelästä pohjoiseen mentäessä.



MT 241 KITULA - SEPPÄLÄ

1. 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm
2/3 BE-ES 1500 + 1/3 BE-PAB / 3,59%
2. 55% SrM 0-6 mm + 45% SrM 6-16 mm
2/3 BE-PAB 6000 + 1/3 BE-ES 3000 / 4,26%

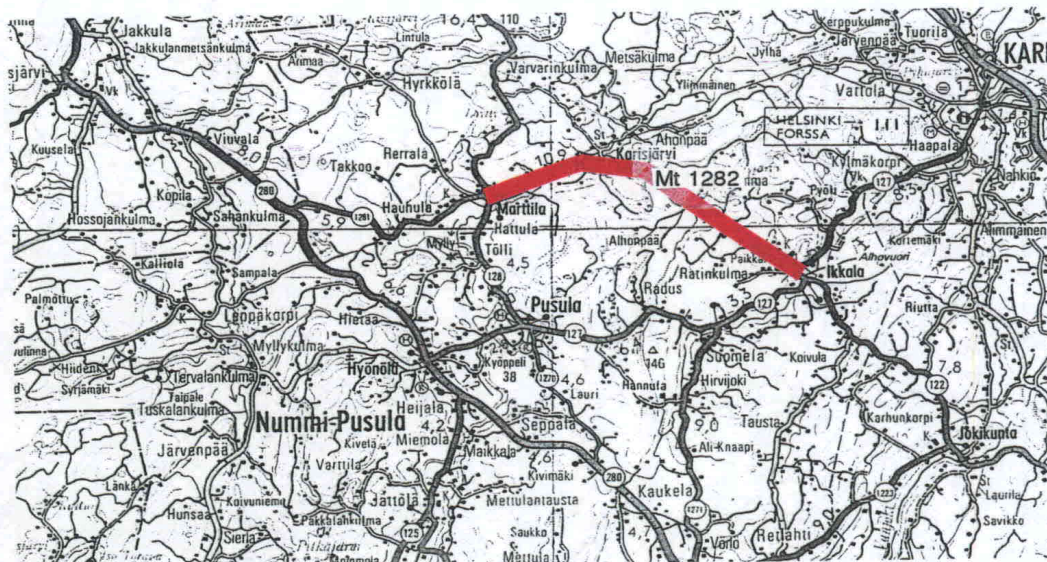
- 16. Kitulasta Seppälään.**
*Paalulukemat kasvavat
etelästä pohjoiseen mentäessä.*



- 17. Koisjärvestä Häiviään.** *Paalulukemat kasvavat
Someron keskustasta poispäin kuljettaessa.*

6. UUDENMAAN PIIRIN EMULSIOKOETIE

Uudenmaan tiepiirin alueella koetie rakennettiin Nummen tiemestaripiiriin läntisellä Uudellamaalla. Varsinaisia emulsiokohteita oli vain mt 1282 välillä Marttila - Ikkala, mutta samaan urakkaan kuuluvina piirin alueelle tehtiin myös kaksi öljysorakohdetta.



18. Uudenmaan piiriin kesällä 1993 rakennettu emulsiokoetie.

6.1 Mt 1282 Marttila - Ikkala

Nummen tiemestaripiirin alueelle tultaessa koneasema siirrettiin Rähin murskausasemalle. Uudellamaalla rakennettiin mt 1282:lle pehmeä asfalttibe-tonipääallyste, jossa sideaineena käytettiin emulsiota. Samassa yhteydessä levitettiin öljysorapääallysteitä pt 11201:lle Vanjärvi - Karkkila yhteensä 1640 t ja pt 11263:lle Kydön paikallistie yhteensä noin 300 tonnia. Tämän raportin yhteydessä ei käsitellä näitä öljysoraosuuksia.

Maantiellä 1282 Marttila - Ikkala KVL on vuonna 1992 ollut 517 ajon./vrk. Ennen kesän 1993 emulsiopääallystystä tiellä oli pääallysteenä asfalttibetoni. Tien kantavuutta oli paikoin parannettu sementtistabiloinnilla. Pääallystettävän tien pituus oli 10 680 m ja tien leveys 6,5 m.

Erilaisia koeosuuksia mt 1282:lle rakennettiin viisi (kuva 19). Sideaineina käytettiin BE-ES 3000 ja BE-PAB 6000 yhdistelmää sekä jaettua BE-PAB 6000:ta. Ohjesideainepitoisuus massoille oli 4,0%. Kiviaines oli Rähin sora-mursketta 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm. Sideaineerojen lisäksi

osuuksilla on eroja emulgaattorin määrässä. Karkean kiviaineksen joukkoon lisätyn sideaineen tartukepitoisuus pidettiin 0,25%:ssa. Hienon kiviaineksen joukkoon lisätyn sideaineen tartukepitoisuudet esitetään *taulukossa 26*, jossa on esitetty myös kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Massaa levitettiin 100 kg/m^2 , ja päällystyksessä käytetty kokonaismassamäärä oli 5425 t. Kohteeseen kuului liimausta 27908 m^2 . Päällystystyötä tehtiin 26.7.-4.8.93.

Rähissä oli ongelmia jäykkien massojen levitettävyyden kanssa. Lisäksi tien pinnan sitomiseksi päällyste jouduttiin hiekoittamaan.

Taulukko 26. Mt 1282 Marttila - Ikkala emulsiokokeilun kenttälaboriotutkimusten keskiarvo-ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä sideainepi- toisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
2. vas 0-240	-	4,04 / 4,0	0,1	3,99	0,5	0,25	0,2
3. oik 239-2866	64,1 emulg. 0,40%	3,63/ 4,0	0,4	5,55	0,8	0,1	0,0
4. vas 240-2223	- emulg. 0,55%	4,05 / 4,0	-	4,31	-	0,4	-
5. vas 2223-7900 oik 2866-8235	64,6 emulg. 0,45%	3,36 / 3,9	0,0	4,06	0,3	0,20	0,1
6. vas 7900-10680 oik 8235-10680	65,0 (BE-ES 3000)	3,98 / 4,0	0,3	3,98	0,4	0,08	0,2

Mt 1282			
	OK	VK	
239	1	2	240
	3	4	
			2223
2866			
	5	5	
			7900
8235		6	
	6		
10680			10680

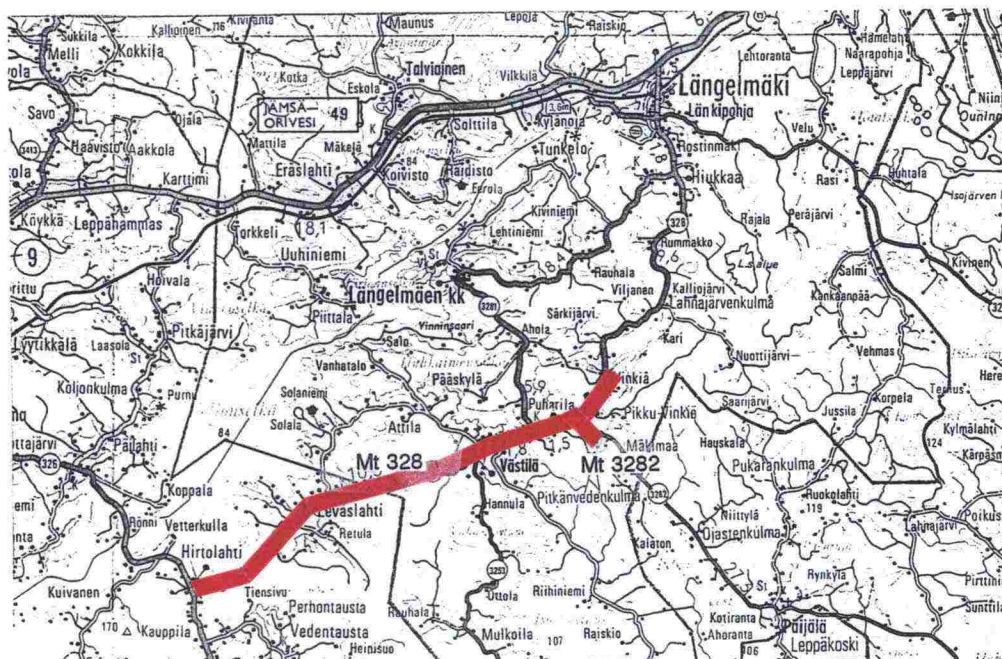
MT1282 MARTTILA - IKKALA

- 1. 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm
1/2 BE-PAB 6000 (0,40%)
+ 1/2 BE-PAB 6000 (0,25%) / 4,0%
- 2. 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm
2/3 BE-ES 3000 + 1/3 BE-PAB 6000 / 4,04%
- 3. 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm
2/3 BE-PAB 6000 (0,40%)
+ 1/3 BE-PAB 6000 (0,25%) / 3,63%
- 4. 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm
2/3 BE-PAB 6000 (0,55%)
+ 1/3 BE-PAB 6000 (0,25%) / 3,93%
- 5. 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm
2/3 BE-PAB 6000 (0,45%)
+ 1/3 BE-PAB 6000 (0,25%) / 3,81%
- 6. 60% SrM 0-8 mm + 40% SrM 8-16 mm
2/3 BE-ES 3000 (0,45%)
+ 1/3 BE-PAB 6000 (0,25%) / 3,98%

19. Tartukekoetien mt 1282 eri osuudet.

7. HÄMEEN PIIRIN EMULSIOKOETIE

Hämeen tiepiirissä, Oriveden tiemestaripiirin alueella, päällystettiin kesällä 1993 emulsiosoralla ja pehmeällä asfalttibetonilla, jossa sideaineena oli emulsio, tietä noin 13 km matkalla.



20. Hämeen piirin emulsiokoetie.

7.1 Mt 328 Vinkkiä - Hirtolahti

Hämeen tiepiirissä päällystettiin kesällä 1993 emulsiopäällysteellä mt 328 ja 3282. Paalutus eteni näiden kahden tien välillä jatkuvana, joten tässä raportissa tiet käsitellään yhdessä. Päällystemateriaalina käytettiin pääasiassa pehmeää asfalttibetonaa (BE-PAB). Päällystetyt maantiet 328 ja 3282 olivat yhteispituudeltaan 13217 m, josta mt 3282 osuus on 825 m ja teiden leveys oli 6,0 m. Noin puolella tieosasta oli aikaisempi öljysorapäällyste, joka ennen uudelleenpäällystystä karhittiin. Loppuosa tiestä oli sorapintaista ja tien kantavuutta oli parannettu kerroksia lisäämällä.

Erilaisia koeosuuksia oli neljä. (kuva 21). Kiviaineksena käytettiin jaettua Risti-vuoren soramursketta 70% SrM 0-8 mm + 30% SrM 8-16 mm. Öljysoraosuudella käytettiin myös täysin jakamatonta kiviainesta. Sideaineina eri koeosuuksilla käytettiin BE-PAB 6000, yhdistelmää $\frac{2}{3}$ BE-PAB 6000 + $\frac{1}{3}$ BE-ES 3000, BE-ES 3000 ja BÖ-2. Yhdistelmäsideaineessa BE-PAB 6000 ruiskutettiin hienon kiviaineksen joukkoon ja BE-ES 3000 karkealle kiviainekselle.

Emulsion bitumipohjan tartukepitoisuus oli 0,6%. Öljysoraosuudella tartuketta käytettiin 1,3...1,5%. Taulukossa 27 esitetään kenttälaboratoriossa saatuja massan laadun tutkimustuloksia. Sideainepitoisuuden, vesipitoisuuden ja MYR-tartunnan keskiarvo- ja keskihajontatulokset on määritetty ajoratanäytteistä.

Taulukko 27. Mt 328 ja 3282 Vinkä - Hirtolahti eri koeosuuksien kenttälaboratoriotutkimusten keskiarvo- ja keskihajontatulokset.

koeosuus	emulsion bitumipit. %	jäävä sideainepi- toisuus (%) / tavoite		vesipitoisuus (%)		MYR-tartunta (g)	
		ka.	kh.	ka.	kh.	ka.	kh.
1. vas 0-750 oik 0-825	64	4,41 4,2	0,1	4,41	0,2	0	0
2. vas 750-3430 oik 825-3350	64	4,38 4,2	0,2	4,31	0,6	0,06	0,1
3. vas 3430-7300 oik 3350-7214	-	3,70 3,6	0,2	5,39	0,8	huono	-
4. vas 7300-13780 oik 7214-13780	BÖ2	3,58 3,6	0,3	2,94	0,2	tyyd.	-

Massaa levitettiin keskimäärin 100 kg/m², ja päällysteessä käytetty kokonaismassamäärä oli noin 8000 t. Päällystystyötä tehtiin 8.-27.9.93. Levityskohteen etäisyys koneasemalta oli noin 35 km.

Kohteessa oli ongelmia lähinnä massan levitettävyyden kanssa. Jäykät sideaineet BE-PAB 6000, $\frac{2}{3}$ BE-PAB 6000 + $\frac{1}{3}$ BE-ES 3000 ja $\frac{2}{3}$ BE-ES 3000 + $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000 kylmällä säällä hidastivat levitystyötä, ja levittimestä saatu tien pinta oli rikkonainen. Pehmeämmillä sideaineilla massan pinta oli avonaista, jolloin kivet tarttuivat helposti tiellä ajavien autojen renkaisiin ja tien pinta rikkoutui. Tilannetta parannettiin levittämällä tien pinnalle 0-4 mm kalliomursketta, joka sitoi tien pinnan.

Mt 328 + 3232	
OK	VK
1	1
825	750
2	2
3350	3430
3	3
7214	7300
4	4
13780	13780

MT 328+3282 Vinklä - Hirtolahti

1. 70% SrM 0-8 mm + 30% SrM 8-16 mm
BE-PAB 6000 / 4,41%
2. 70% SrM 0-8 mm + 30% SrM 8-16 mm
 $\frac{2}{3}$ BE6000 + $\frac{1}{3}$ BE-ES 3000 / 4,38%
3. 70% SrM 0-8 mm + 30% SrM 8-16 mm
BE-ES 3000 / 3,70%
4. 70% SrM 0-8 mm + 30% SrM 8-16 mm
BÖT13...15 / 3,58%

21. Kesän 1993 viimeinen Etelä-Suomen emulsiokohde rakennettiin Hämeen lääniin välille Vinklä - Hirtolahti.

8. YHTEENVETO

Etelä-Suomen koeteiden keskeinen tavoite oli tutkia kylmäteknikan soveltumista emulsiopäällystykseen. Kylmätekniikkaa, jossa kiviainesta ei lämmitetä, käytetään öljysorapäällysteiden valmistuksessa. Se on ollut eräs syy, miksi öljysora on säilynyt edullisena päällystysmateriaalina.

Koetiekohteet sijaitsivat Etelä-Suomessa. Turun tiepiirin alueella Salon ja Someron tiemestaripiireihin rakennettiin yhteensä 11 kohdetta. Uudenmaan tiepiiriin, Nummen tiemestaripiiriin rakennettiin yksi koetiekohde, kuten myös Hämeen tiepiiriin kuuluvan Oriveden tiemestaripiirin alueelle.

Kesän 1992 kokemusten perusteella haluttiin kokeilla kiviaineksen jakamista. Koetiekiviaineksena Salossa käytettiin Tupurin sora- ja kalliomursketta, Somerolla Lukkarinmäen soramursketta, Nummen tiemestaripiirissä Rähin soramursketta ja Orivedellä Ristivuoren soramursketta. Kiviaineksesta riippuen raekoot 0-4 mm, 0-6 mm tai 0-8 mm luokiteltiin hienoksi kiviainekseksi, ja raekoot 4-16 mm, 6-16 mm tai 8-16 mm sisälsivät karkean kiviaineksen. Kiviaineksen jakamisen havaittiin parantavan massan laatua, koska sideaine sekoittui paremmin kiviaineksen joukkoon.

Emulsiosorilla edellisen kesän sideainevalikoimaa laajennettiin yhä pehmeämpiin. Koeosuuksia tehtiin BE-ES 3000 ohella myös BE-ES 1500:lla ja BE-ES 1000:lla. Pehmeiden asfalttibetonipäällysteiden valikoima laajeni, kun aikaisemmin käytetyn BE-PAB 6000 sideaineen ohella ryhdyttiin käyttämään viskositeetiltaan erilaisten sideaineiden yhdistelmiä. Tällaisia olivat sideaineet, joissa oli $\frac{1}{3}$ BE-ES 1500 ja $\frac{2}{3}$ BE-PAB 6000, $\frac{1}{3}$ BE-ES 3000 ja $\frac{2}{3}$ BE-PAB 6000 tai $\frac{2}{3}$ BE-ES 3000 ja $\frac{1}{3}$ BE-PAB 6000.

Pääkoetiekohde oli Salon tiemestaripiirissä mt 1835 Kumpula - Kemiö, johon rakennettiin seitsemän erilaista emulsio-osuutta. Lisäksi päällystettiin yksi öljysoraosuus referenssikohteeksi. Eri osuuksien kestävyyttä tullaan jatkossa seuraamaan tarkasti. Uudellamaalla kohteessa mt 1282 testattiin emulgaattorin määrän vaikutusta päällysteen murtumiseen ja päällysteen laatuun. Muissa kohteissa on tehty emulsiosoraa tai pehmeää asfalttipäällystettä, jossa sideaineena on emulsio, vaihtelemalla hienon ja karkean kiviaineksen osuutta ja kokeilemalla sideaineena viskositeetiltaan erilaisten emulsioiden yhdistelmiä.

Kesän kokemukset osoittivat, että kylmäteknikalla tehtynä emulsiosorat antavat toivotun tuloksen. Karhittavuudeltaan ja varastoitavuudeltaan emulsiosora, jossa sideaineena on BE-ES 1500, vastaa ominaisuuksiltaan hyvin öljysoraa. Sideaineella BE-ES 3000 tehdyn massan varastointi voi osoittautua hankalammaksi. Jäykempien emulsiopäällysteiden levittämisessä on jonkin verran ongelmia. Koetiekohteiden onnistuminen ja erilaisten emulsiosorien ja jäykempien emulsiopäällysteiden käyttäytyminen liikennesäilytyksessä voidaan todeta vasta jatkoseurannalla.

Päällystystyön jälkeen tie saatiin nopeasti liikennöitävään kuntoon hiekoittamalla. Hiekoitus 0-4 mm murskeella sitoi pinnan tiiviiksi kerrokseksi, ja ikäviltä irtokiviltä välttyttiin. Työn kuluessa kokeiltiin myös valvojan ja laborantin töiden yhdistämistä. Ainakin kokeilutilanteessa, jossa laboratoriotutkimuksilla ja massan laadun jatkuvalla seurannalla on suuri merkitys, töiden yhdistäminen osoittautui huonoksi ratkaisuksi.

Kustannuksiltaan emulsiopäällysteet kylmätekniikalla toteutettuina osoittautuivat jo kokeiluvaiheessa vertailukelpoisiksi öljysoralle ja pehmeille päällysteille (ent. KAB). Emulsiopäällysteiden hinta verrattuna muiden päällysteiden hintoihin saadaan selville, kun eri päällystysmateriaalit ja menetelmät joutuvat kilpailutilanteeseen.

Koko kokeilun ajan eri osapuolten välinen yhteistyö toimi hyvin. Kaikkien tavoitteena oli testata monipuolisesti emulsioiden käyttömahdollisuuksia päällystyksessä ja kehittää mahdollisimman hyvä päällyste.

LIITTEET

LIITE 1: Kenttälaboratoriossa määritetty peittymättä jääneiden kivien osuus koko näytteestä.

LIITE 2: Prosessikaavio. Emulsiomassan valmistus jatkuvasekoitteisella asemalla.

LIITE 3: Ajoinäytteistä saatujen rakeisuuksien keskiarvo- ja keskihajontatulokset eri koetiekiviaineilla.

Katkoviivalla kuvataan ajoratanäytteiden rakeisuuksien keskiarvotuloksia.

Lihavoidulla yhtenäisellä käyrällä kuvataan murskausaikaista keskiarvorakeisuutta, jota on myös käytetty laboratoriossa tehtyjen ennakkosuhteitusten rakeisuuskäyränä.

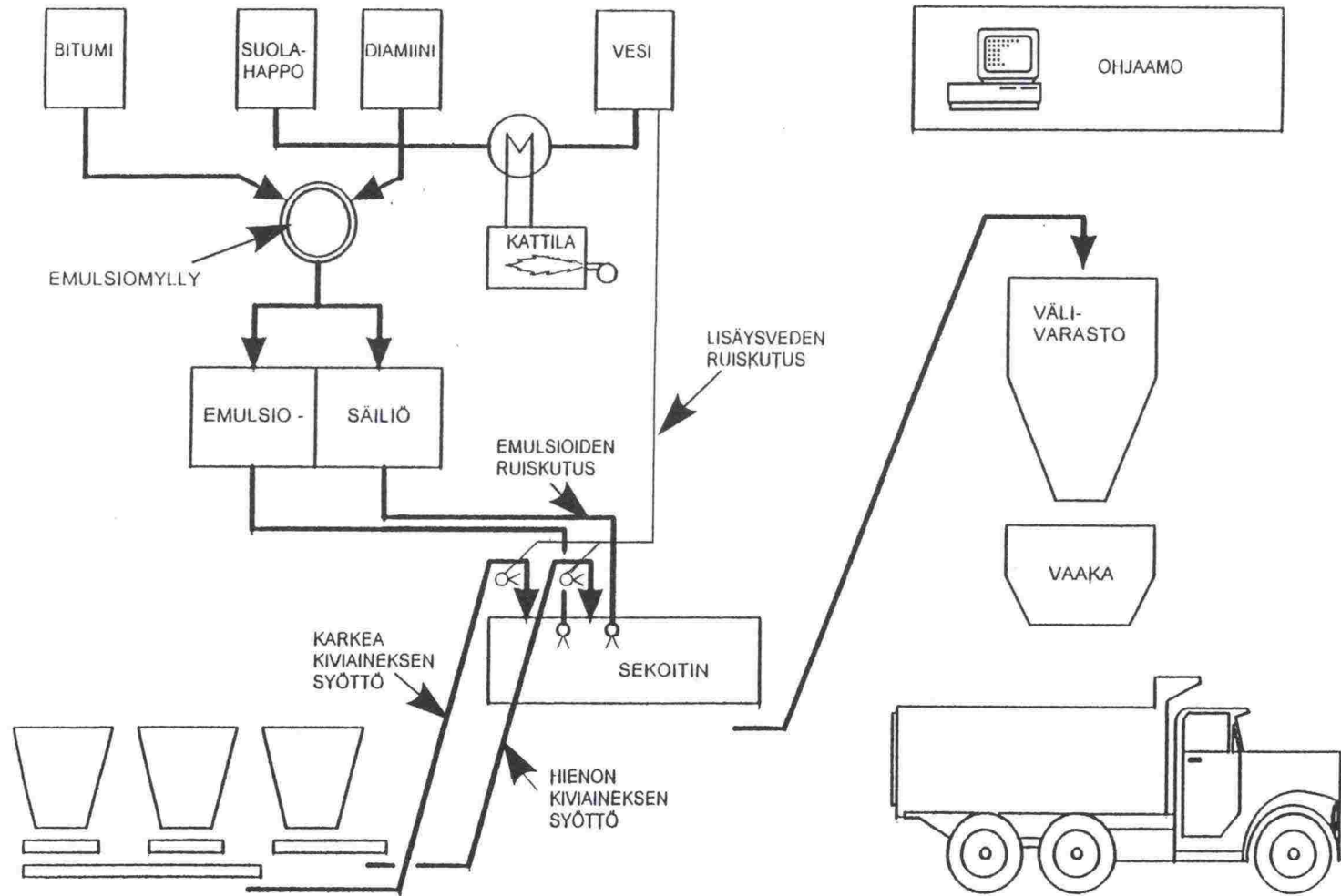
Ohut yhtenäinen viiva kuvaa ajoratanäytteiden keskihajontoja.

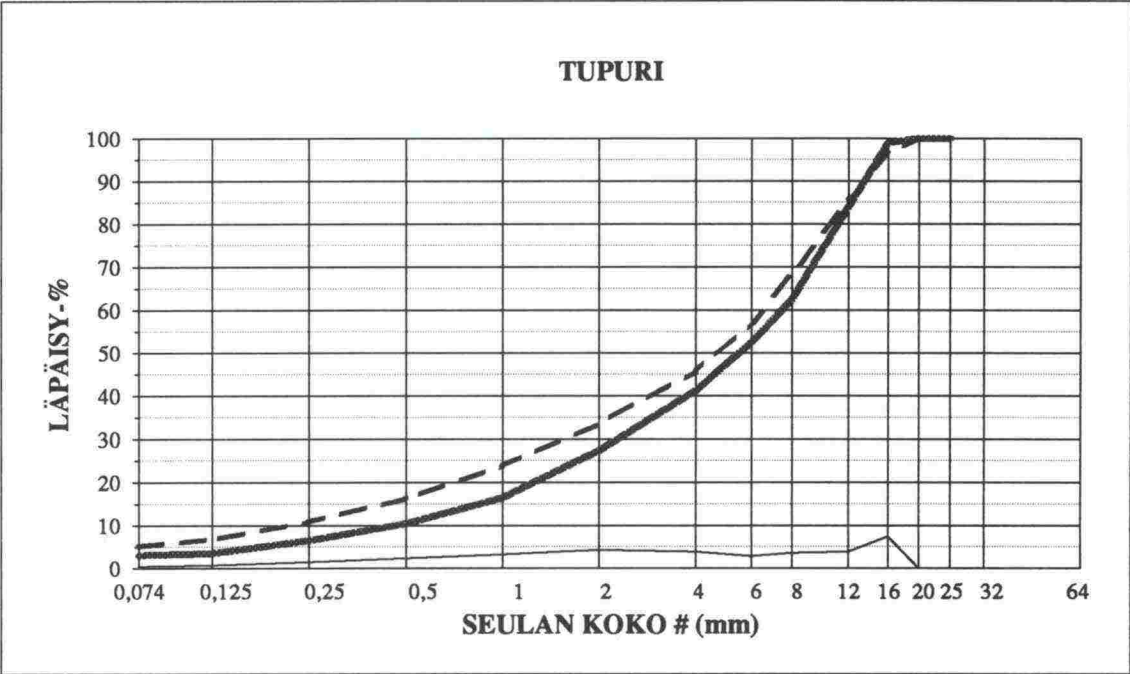
ES- ja PAB (BE-PAB) -massojen valkoisten kivien osuus (%)
massanäytteen määrästä

			SAP	vesipit.	SrM+SrM	KaM+SrM	KaM+KaM
BE-ES 1000	Tupuri	43	3,95	4,6	x		
BE-ES 1500	Tupuri	25	4,2	4,6	x		
	Tupuri	13	3,67	5,1		x	
	Tupuri	8	3,69	4,2			x
	Lukkarinmäki	48	3,02	6	x		
2/3 BE-ES 1500	Tupuri	25	3,6	4,5	x		
+1/3 BE-PAB 6000	Tupuri	25	4,31	4,8		x	
	Tupuri	30	4,11	4,5	x		
	Lukkarinmäki	35	3,44	6,4	x		
	Lukkarinmäki	40	3,76	4,8	x		
BE-ES 3000	Tupuri	25	4,07	4,5	x		
	Ristivuori	46	3,6	6,2	x		
2/3 BE-ES 3000	Tupuri	20	5,28	4,6	x		
+1/3 BE-PAB 6000	Tupuri	25	4,56	4,6	x		
	Rähi	17	4,39	4,2	x		
	Rähi	30	3,57	4,3	x		
1/3 BE-ES 3000	Lukkarinmäki	31	4,32	5,8	x		
+2/3 BE-PAB 6000	Ristivuori	32	4,3	4,7	x		
BE-PAB 6000	Rähi	15	4,12	4,9	x		
	Rähi	16	4,2	4,3	x		
	Rähi	19	4,2	4,3	x		
	Rähi	20	4,13	4,4	x		
	Rähi	20	3,83	4,9	x		
	Rähi	22	4,32	4,6	x		
	Rähi	24	4	4,9	x		
	Rähi	31	3,7	4,3	x		
	Rähi	38	3,52	4,3	x		
	Tupuri	32	3,22	4,2		x	

Lähde: Lemminkäinen Oy / E.Wastimo

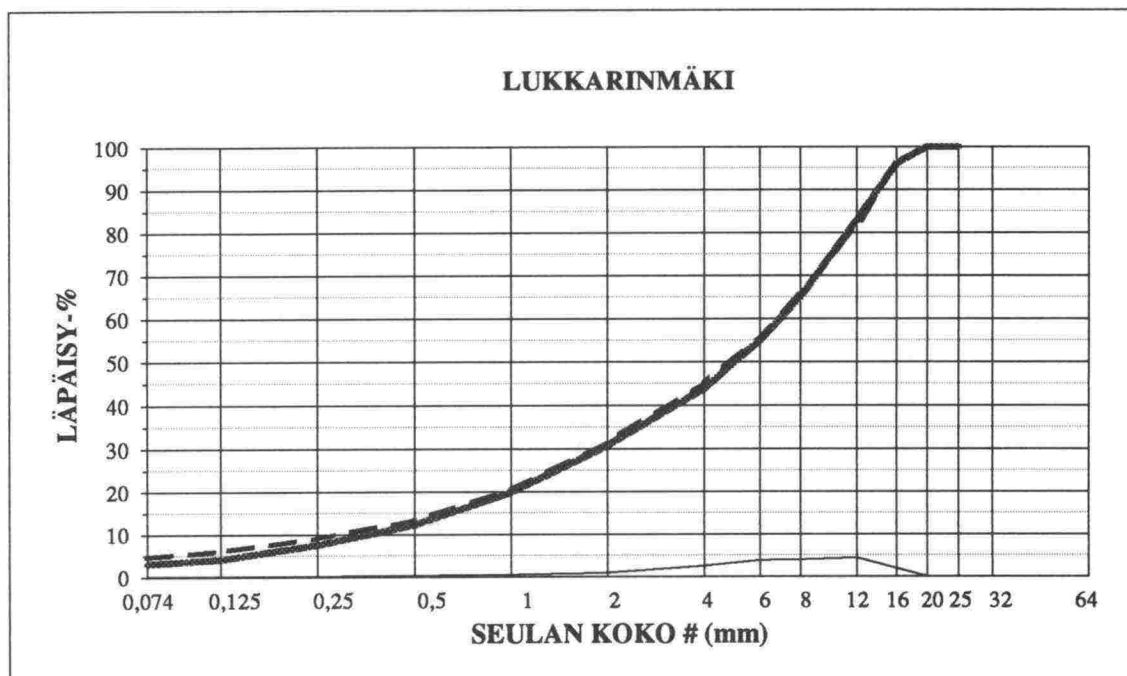
PROSESSIKAAVIO
EMULSIOMASSAN VALMISTUS JATKUVASEKOITTEISELLA ASEMALLA





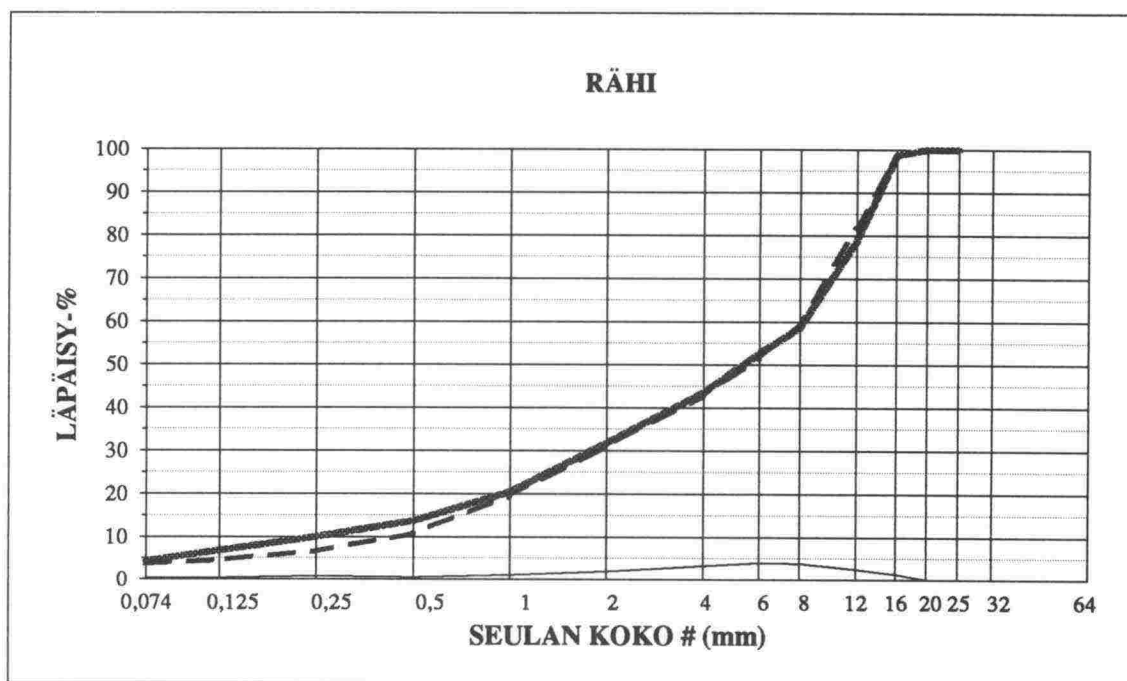
TUPURI

	murskaus	ajorata ka.	ajorata kh.					
0,074	3,1	5,1	0,43					
0,125	3,5	6,7	0,73					
0,25	6,4	10,8	1,49					
0,5	10,4	16,3	2,33					
1	16,4	23,8	3,26					
2	27,4	33,5	4,27					
4	41,1	45,6	3,88					
6	52,5	56,9	2,82					
8	62,5	68,2	3,56					
12	84	85,4	3,8					
16	99	96,4	7,34					
20	100	100,0	0					
25	100	100,0	0					

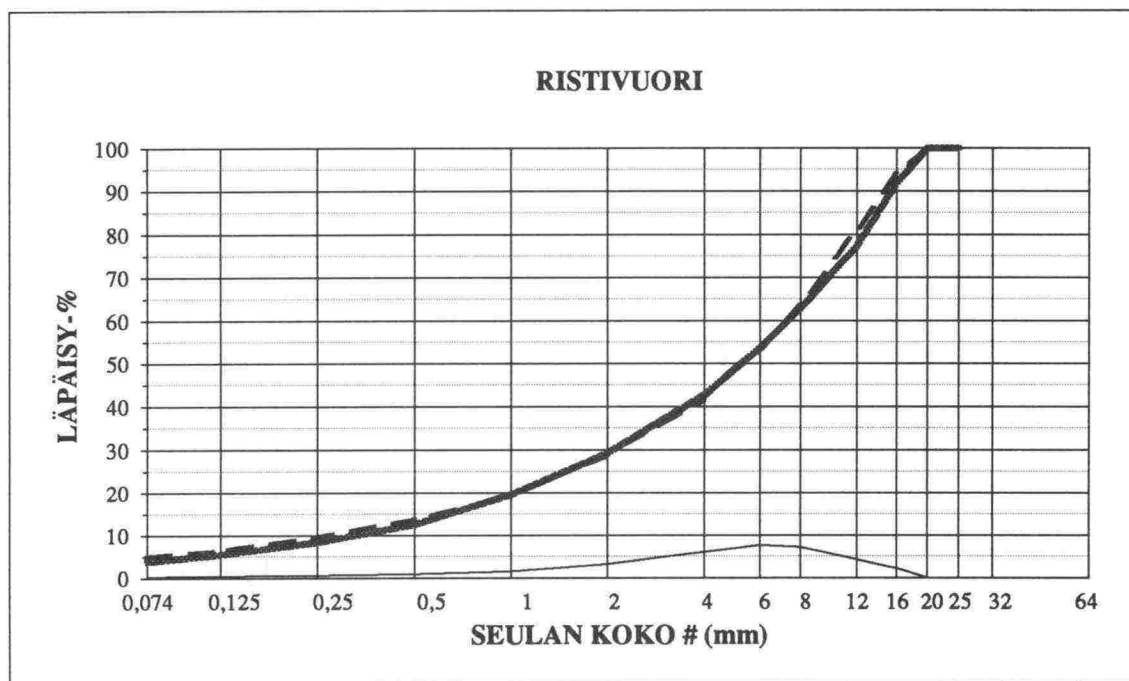


LUKKARINMÄKI

	murskaus	ajorata ka.	ajorata kh.					
0,074	3	4,7	0,11					
0,125	4,1	6,0	0,13					
0,25	7,5	9,1	0,19					
0,5	12,2	13,3	0,27					
1	19,8	20,5	0,39					
2	30,7	31,5	0,79					
4	43,8	45,1	2,45					
6	55	56,0	3,81					
8	65	65,5	3,91					
12	83	81,4	4,34					
16	96	96,0	1,87					
20	100	100,0	0					
25	100	100,0	0					

**RÄHI**

	murskaus	ajorata ka.	ajorata kh.					
0,074	4,2	3,7	0,24					
0,125	6,7	4,5	0,27					
0,25	10	6,6	0,7					
0,5	13,6	10,7	0,45					
1	20,5	19,5	0,94					
2	31,8	31,1	1,91					
4	43,5	42,8	3,23					
6	52,7	51,5	3,93					
8	58,6	59,8	3,85					
12	78,6	81,7	2,46					
16	98,7	98,5	1,27					
20	100	100,0	0					
25	100	100,0	0					

**RISTIVUORI**

	murskaus	ajorata ka.	ajorata kh.					
0,074	3,8	4,9	0,32					
0,125	5,4	6,3	0,39					
0,25	8,3	9,6	0,58					
0,5	12,5	13,6	0,79					
1	19,6	19,3	1,42					
2	29,2	28,9	3,21					
4	42,6	41,6	6,05					
6	53,7	53,4	7,6					
8	62,8	63,4	7,16					
12	77,3	81,0	4,18					
16	91,7	93,8	2,17					
20	100	100,0	0					
25	100	100,0	0					

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 54/1993 Pietarsaaren keskustauudistus; Saavutettavuuden ja vähittäiskaupan analyysi. TIEL 3200179
- 55/1993 Valtatie 3, vuoropuhelun arviointi. TIEL 3200180
- 56/1993 Betonipäällysten valinta ja talous. TIEL 3200181
- 57/1993 Rakennuttamiskulttuuri; I - vaiheen raportti. TIEL 3200182
- 58/1993 Henkilöliikennetutkimus 1992. TIEL 3200183
- 59/1993 Valtatien 3 routamitoitus routanousun mukaan välillä Riihimäki P-Virala. TIEL 3200184
- 60/1993 Jännitys- ja muodonmuutosmittaukset tierakenteessa 1991-1992; Pohjaveden pinnan vaikutus, tienpinnan taipumamittaus eri lämpötiloissa, vertailu standardi paripyörä-Neste Oy:n kantavuusradan pyörä. TIEL 3200185
- 61/1993 Ylistaron keskustateiden suunnittelu asukkaiden näkökulmasta. TIEL 3200186
- 62/1993 Teknologian siirto; Yhteystiedot lähialueyhteistyössä. TIEL 3200187
- 63/1993 Nastallisten ja nastattomien talvirenkaiden pitotutkimus. TIEL 3200188
- 64/1993 Pellon kuivatus tien kohdalla. TIEL 3200189
- 65/1993 Tiesuolan pohjavesivaikutukset - kulkeutumismekanismien moni-ilmiömallinnus. TIEL 3200190
- 66/1993 Kokemuksia Japanin nastattomasta talviliikenteestä. TIEL 3200191
- 67/1993 Liikenneturvallisuus ja suolan käytön vähentäminen; Väliraportti väestön asenteista Kuopion läänin kokeiluun talvikaudella 1992-1993. TIEL 3200192
- 68/1993 Kuitukankaat tienrakennuksessa; Uudistetun VTT-GEO luokituksen mukaiset laatuvaatimukset. TIEL 3200193
- 69/1993 HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys. TIEL 3200194
- 70/1993 Kalsiumkloridin käyttö tierakenteessa; Kirjallisuusselvitys ja laboratoriokokeet. TIEL 3200195
- 71/1993 Nonwoven Geotextiles in Road Constructions. TIEL 3200193E
- 72/1993 Yleisten teiden tilaselvitys; Meluntorjunta tiepiireissä. TIEL 3200196
- 73/1993 Valaistus taajamissa; Kuuden kohteen inventointi ja analysointi johtopäätöksineen. TIEL 3200197
- 74/1993 Dynaaminen rasitusindeksi (DRI). TIEL 3200198
- 75/1993 Plentieverkon kunnossapidon kehittäminen. TIEL 3200199
- 76/1993 Rakennettujen ja perusparannettujen teiden tasaisuus 1992-1993. TIEL 3200200
- 77/1993 Moreenin jalostaminen. TIEL 3200201